

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

PŘEDBĚŽNÝ STAVEBNĚ STATICKÝ PRŮZKUM VODOROVNÝCH NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

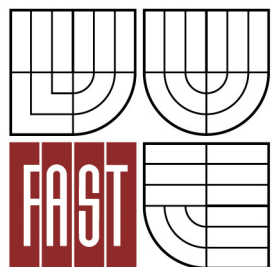
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVLA VĚTROVCOVÁ

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

PŘEDBĚŽNÝ STAVEBNĚ STATICKÝ PRŮZKUM VODOROVNÝCH NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

THE STRUCTURAL STATIC SURVEY OF HORIZONTAL BEARING STRUCTURES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVLA VĚTROVCOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL SCHMID, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|--------------------------------|---|
| Studijní program | B3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby |
| Pracoviště | Ústav stavebního zkušebnictví |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Pavla Větrovcová

Název Předběžný stavebně statický průzkum
vodorovných nosných konstrukcí

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2015

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

.....
prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Schmid, P. a kol. Základy zkušebnictví, FAST VUT v Brně
Hobst, L. a kol.. Diagnostika stavebních konstrukcí, FAST VUT v Brně
Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů, FAST VUT v Brně
ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení
ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
ČSN EN 1992 Eurokód 2: Betonové konstrukce
ČSN EN 1993 Eurokód 3: Ocelové konstrukce
ČSN EN 1995 Eurokód 5: Dřevěné konstrukce
ČSN EN 1996 Eurokód 6: Zděné konstrukce
Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby se změnami 20/2012 Sb.

a další související normy a odborná literatura dle řešerše problematiky

Zásady pro vypracování

Návrh metodiky předběžného diagnostického průzkumu při hodnocení aktuálního stavebně technického a statického stavu stropních konstrukcí existujících objektů. Na konkrétním konstrukčním celku realizovat základní diagnostický průzkum včetně vyhodnocení a návrhu opatření pro zajištění spolehlivosti mechanické odolnosti při daných nebo předpokládaných provozních podmínkách.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Tato bakalářské práce se zabývá stavebně technickým průzkumem objektu Vysokopodlažních garáží na ulici Herčíkova v Brně, Králově Poli. Stavebně technický průzkum bylo nutné provést pro změnu využívání 1. nadzemního podlaží z původních administrativních prostor na prostor pro stání osobních automobilů. Výsledky hodnotí stav konstrukce stropní konstrukce a její dílčích částí.

Klíčová slova

Stavebně technický průzkum, stropní konstrukce, beton, betonářská výztuž, pevnost v tlaku

Abstract

This bachelor's thesis deals with technical construction research of the multi storey car park building at the Herčíkova street in Brno, Královo pole. Technical construction research was needed in order to change the use of the first floor from the original office space to car parking facility. The outcomes are evaluating the state of the ceiling structure and status of its individual parts.

Keywords

Construction and technological survey, floor structure, concrete, reinforcement, compressive strength

Bibliografická citace VŠKP

Pavla Větrovcová *Předběžný stavebně statický průzkum vodorovných nosných konstrukcí*. Brno, 2016. 71 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25.5.2016

.....
podpis autora
Pavla Větrovcová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu své bakalářské práce doc. Ing. Pavlu Schmidovi, Ph.D. za odborné rady, věcné připomínky, trpělivé vedení a čas, který mi věnoval při psaní této bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala své rodině, nejvíce zesnulému dědovi Janovi, který mě při studiu nejvíce podporoval.

OBSAH:

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1. ÚVOD..... | 10 |
| 2. CÍLE PRÁCE..... | 11 |
| 3. VODOROVNÉ KONSTRUKCE..... | 12 |
| 3.1 Základní prvky..... | 12 |
| 3.1.1 Deska..... | 15 |
| 3.1.2 Trám..... | 17 |
| 3.1.3 Průvlak..... | 18 |
| 3.1.4 Sloup..... | 19 |
| 3.2 Materiál..... | 19 |
| 3.2.1 Beton..... | 19 |
| 3.2.2 Betonářská výztuž..... | 23 |
| 3.3 Železobetonové stropy..... | 25 |
| 3.3.1 Monolitické stropy..... | 27 |
| 3.3.2 Prefabrikované stropy..... | 28 |
| 3.3.3 Prefamonolitické stropy..... | 29 |
| 4. DIAGNOSTICKÉ METODY..... | 30 |
| 4.1 Destruktivní metody..... | 30 |
| 4.1.1 Sekaná sonda..... | 30 |
| 4.1.2 Jádrové vývrty..... | 31 |
| 4.2 Nedestruktivní metody..... | 37 |
| 4.2.1 Magnetická indukční metoda..... | 37 |
| 4.2.2 Akustická trasovací metoda..... | 38 |
| 4.2.3 Georadary..... | 39 |
| 5. DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM..... | 40 |
| 5.1 Historie akce Z..... | 40 |
| 5.2 Historie Králova Pole..... | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 5.3 Informace o objektu | 43 |
| 5.4 Realizace průzkumu | 44 |
| 5.4.1 Jádrové vývrty | 45 |
| 5.4.2 Sekaná sonda | 46 |
| 5.4.3 Situace diagnostické oblasti | 47 |
| 5.5 Laboratorní zkoušky a jejich vyhodnocení | 49 |
| 5.5.1 Struktura betonu | 49 |
| 5.5.2 Objemové hmotnosti zatvrdlého betonu | 61 |
| 5.5.3 Krychelná pevnost zatvrdlého betonu v tlaku | 61 |
| 5.5.4 Statistické hodnocení pevnostních parametrů zatvrdlého betonu | 62 |
| 6. ZÁVĚR | 64 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 65 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 67 |
| SEZNAM TABULEK | 69 |
| POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY | 70 |

1. ÚVOD

Diagnostika stavebních konstrukcí, tuto problematiku zná většina z nás, která vlastní nějakou nemovitost. Setkáváme se s ní při rekonstrukcích, nástavbách, přístavbách či jiných stavebních úpravách, ale i při reologických procesech nebo živelných pohromách (povodeň, požár atd.). Potřebujeme zjistit materiálové charakteristiky, především druh a vlastnosti materiálu. Zjistit můžeme i odchylky při výstavbě, analyzovat kvalitu, zjistit vady a poruchy včetně jejich příčin. Již od začátku musíme počítat s tím, že i když konstrukce vypadá na první pohled bez vad a poruch, nemusí to po provedení zkoušek pravda. Proto je nutné, aby se správně data zkoušky vyhodnotily ať už v terénu nebo v laboratoři. Provedení samotných zkoušek potřebuje odborného pracovníka, který má zkušenosti, umí je správně vyhodnotit a má znalosti ze stavební mechaniky, na kterou nesmíme zapomenout, protože odběrem vzorků nesmíme narušit statické působení konstrukce, aby nedošlo k jejímu kolapsu.

S postupným vývojem materiálů se měnily i pracovní postupy, nároky na plánování a provádění výstavby, ale i také normy. Dnes se při vyhodnocení zkoušek ze stavebně technického průzkumu řídíme normou ČSN ISO 13822 *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*. [1] a ČSN 73 0038 *Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplnující ustanovení*. [2] Vývojem prošly i metody diagnostiky stavebních konstrukcí od vizuální prohlídky po moderní přístroje, např. radary. V praxi je pak vhodné různé metody kombinovat takovým způsobem, abychom mohli zjistit veškeré potřebné údaje o zkoumané konstrukci pro její vyhodnocení. Ve většině případů můžeme tak zabránit demolici objektu nebo jeho části. Většina z našich obyvatel uvažuje o stavbě nového domu, ale stavebních parcel není mnoho, a tak nesmíme zapomínat na objekty, které vybudovali již naši předci a které lze adaptovat pro bydlení, administrativu, stavby pro kulturní vyžití atd. Můžeme tak získat originální místo pro zábavu či bydlení. Známe je, že každá generace se snaží upravit si svůj příbytek podle svých potřeb.

2. CÍLE PRÁCE

V této bakalářské práci se budu zabývat metodikou předběžného diagnostického průzkumu při hodnocení aktuálního stavebně technického a statického stavu stropních konstrukcí vysokopodlažních garáží v ulici Herčíkova v Brně, Královo Poli. Práce je rozdělena do dvou částí. V teoretické části budou popsány vodorovné konstrukce, diagnostické metody a zkoušky používané pro zhodnocení existujících železobetonových konstrukcí. Následná praktická část je zaměřena na základní diagnostický průzkum na konkrétním konstrukčním celku včetně jeho vyhodnocení a návrhu opatření pro zajištění spolehlivosti mechanické odolnosti při daných nebo předpokládaných provozních podmínkách.

3. VODOROVNÉ KONSTRUKCE

Vodorovné konstrukce rozdělují objekt ve vertikálním směru na jednotlivá podlaží a přenášejí veškerá zatížení v těchto podlažích působící do svislých nosných konstrukcí. Zajišťují tuhost a stabilitu celých budov nebo jejich částí. Základní částí vodorovné konstrukce je nosná část, která je většinou doplněna podlahou, případně podhledem. Její hlavní funkce je statická – únosnost, tuhost a průhyb. Dále musíme zohlednit tepelně izolační vlastnosti, odolnost proti požáru, odolnost proti vlivům prostředí a architektonické požadavky. Rozeznáváme stropy, převislé a ustupující konstrukce. [3]

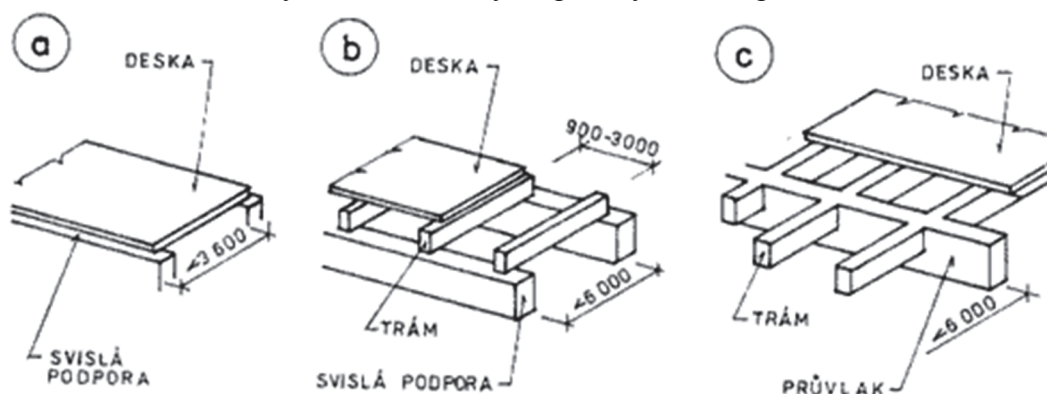
V následujících kapitolách se budu zabývat železobetonovými konstrukcemi, jejich základními prvky, druhy a také jejich materiálem.

3.1 Základní prvky

Nosná část vodorovné konstrukce se skládá z desky, trámy, průvlatu a sloupů. Složení nosných konstrukcí závisí na dispozičním řešení, druhu zatížení (užitné a proměnné). Přenos zatížení je nejprve přes desku, poté do podpor (stěna, sloupy) a následně do základů. Pokud je stropní deska uložena na trámy a trámy na průvlak, zatížení nejprve přenesou trámy a reakce od trámů průvlak. Reakce od průvlatu se pak dále roznese do svislých podpor (stěna, sloupy) a poté do základů. [3]

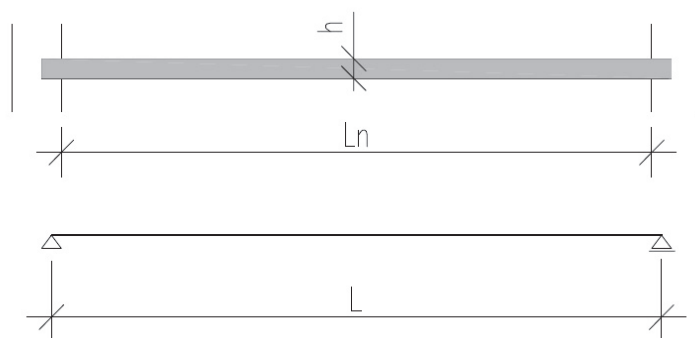
Způsob uložení

Podle stavební mechaniky rozeznáváme tyto způsoby uložení prvků:



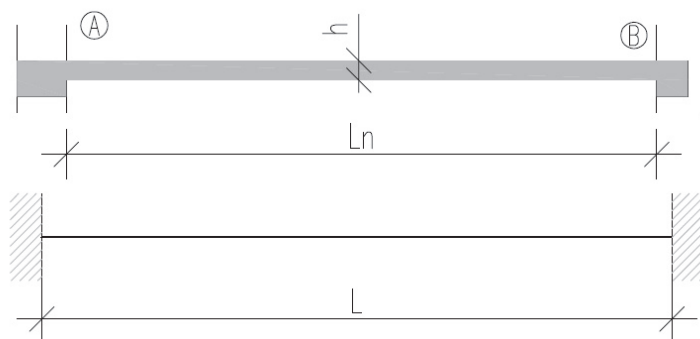
Obr. 1 Skladba stropních konstrukcí (a – deska, b – deska a trám, c- deska, trám a průvlak)
[4]

a) Prostě uložený



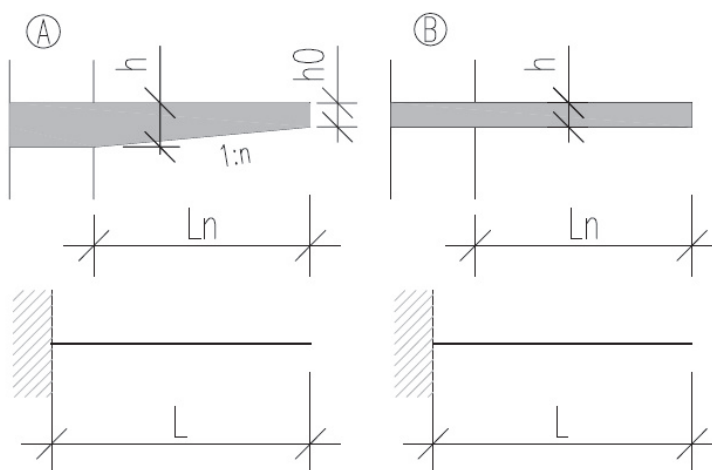
Obr. 2 Prostý nosník

b) Vetknutý – částečně nebo plně



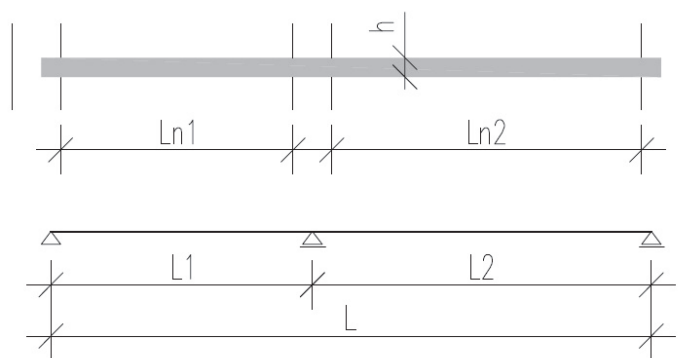
Obr. 3 Vetknutý nosník (a - plné vetknutí, b – částečné vetknutí)

c) Konzola



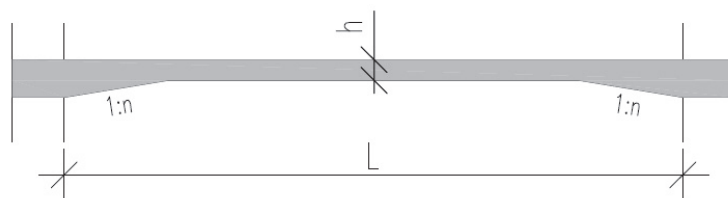
Obr. 4 Konzola (a – s náběhem, b – bez náběhu)

d) Spojitý



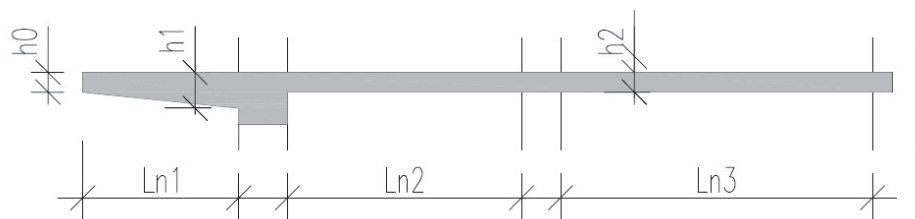
Obr. 5 Spojitý nosník

e) S náběhem



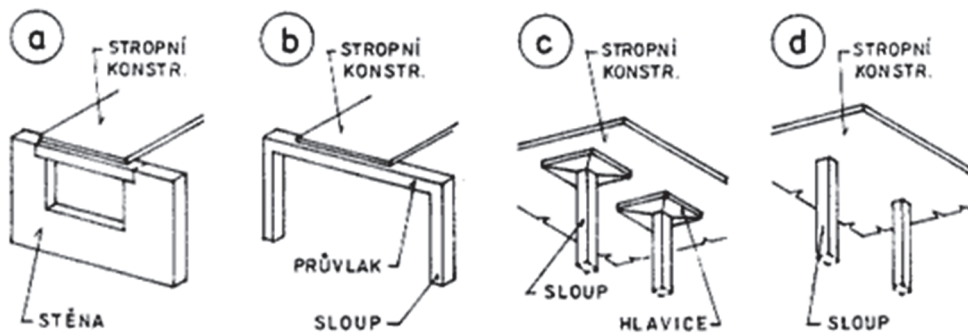
Obr. 6 Nosník s náběhem

f) Kombinace



Obr. 7 Spojitý nosník s konzolou a náběhem

Možné provedení uložení prvků



Obr. 8 Uložení stropní konstrukce (a – stěna, b – průvlak, c – sloup s hlavicí, d – sloup) [4]

3.1.1 Deska

Plošný prvek, vodorovný nebo šikmý, u kterého převládá délka a šířka nad tloušťkou. Výhodou je její jednoduché bednění. Deska je namáhána převážně ohybem od zatížení, které působí kolmo ke střednici. Zatížení se přenáší z desky do podpor. [5]

Vyztužení

Nosná výztuž je umístěna nejbližší k taženému okraji desky a navržena na maximální ohybový moment. Dimenzujeme ji na 1 m široký pruh a uvažujeme ji jako samostatný nosník. Část nosné výztuže u taženého okraje desky je odvedena pomocí ohybů k opačnému okraji. U ohybů v místě kotvení je deska namáhána záporným momentem nebo případným záporným momentem od nedokonalého kloubového uložení. Obvyklý sklon ohybů je 45°, ale u tenkých desek je vhodné použít sklon 30°. Nosnou výztuž tvoří obvykle 5 až 10 Ø 6 až 12 mm.

Rozdělovací výztuž zajišťuje polohu nosné výztuže při betonáži, pomáhá také k roznosu zatížení a zabraňuje vzniku trhlin od smršťování betonu. Průměr výztuže se používá běžně Ø 5,5 – 6 mm a maximální vzdálenost prutů je 400 mm.

Běžná délka prutů je do 12 m z důvodu dopravy a manipulace. Dnes se vázaná výztuž s ohyby používá málo, protože je praná, dává se přednost výztuži bez ohybů nebo kari sítě.

Druhy desek podle statického působení

a) Prostá

Deska volně položena na zdivu nebo zazděná na maltu. Používá se nad obdélníkovým půdorysem a pnutá je v kratším směru. Ekonomická je do délky 3 m, min. tloušťka desky 50mm.

b) Vetknutá

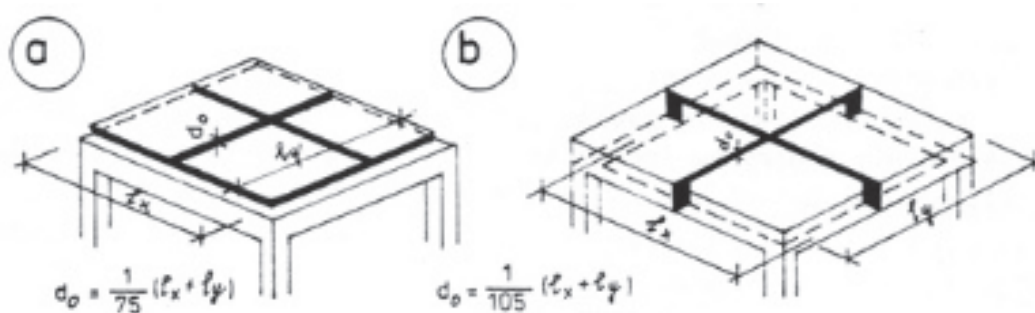
Konce desky jsou monoliticky spojeny s mohutnými věnci, překlady aj. Výztuž musí být zakotvena do podpor na minimální kotevní délku. Pokud je tloušťka podpory 3x větší než tloušťka desky, můžeme tvrdit, že deska je dokonale podepřená a nedojde v ní k žádnému natočení desky. Při částečném vetnutí dojde v podpoře k natočení desky a část momentu přenesou pole. Při velkém zatížení může být deska opatřena náběhy, průřez je ekonomický, ale náročnější na bednění.

c) Spojitá

Monoliticky vybetonovaná, vyztužená před 1 nebo více vnitřních podpor (žebra trémového stropu nebo vnitřní zdi). Pole se však nesmí lišit o 10% šířky a musí na něj působit jen spojitě rovnoměrné zatížení. Způsob podepření má vliv na stanovení rozpětí jednotlivých polí a průběhu vnitřních sil. Nad podporami je nosná výztuž při horním okraji desky a v poli u dolního okraje desky. Výhodou je zmenšení průřezu desky, úspora materiálu a zmenšení průhybů. Nevýhodou je naopak složité bednění a problém při poklesu vnitřní podpory.

d) Křížem vyztužená

Jedná se o desku pnutou v obou směrech. Vhodná je pro čtvercový nebo obdélníkový půdorys s poměrem stran 1:2. Do délky 9 m je výhodná z důvodu přenášení svých zatížení do všech podpor. Vyztužení je obdobné jako u předchozích desek. Při velkém krytí a velkých profilech výztuže musíme dodržet minimální vzdálenost horní a dolní výztuže 20 mm a případně zvětšit tloušťku desky, aby tuto podmínku splňovala.



Obr. 9 Křížem vyztužená deska (a – prostě podepřená, b – vetknutá) [5]

e) Konzolová

Samostatný konzolový nosník (římsa, přístřešek) nebo převislý konec prosté či spojitě desky (balkón). Nosná výztuž je při horním lici podpory. Záporný moment ve vetknutí zachycuje tahová výztuž po celém horním okraji. Zapomenout nesmíme také na její kotvení. Minimální tloušťka desky je 60 mm, maximální vyložení 2 až 2,5m. Zohlednit musíme také stavební mechaniku, zejména aby nedošlo k převrácení konzoly a nedošlo k jejímu kolapsu během jejího užívání. U konzolových desek dochází často k poruchám díky nesprávnému vložení výztuže.

Poruchy

Nejčastěji dochází k poškození výztuže u dolního a horního povrchu. Při porušení výztuže u obou povrchů desky se objevují tahové trhliny, jejich příčinou bývá nedostatečná únosnost výztuže.

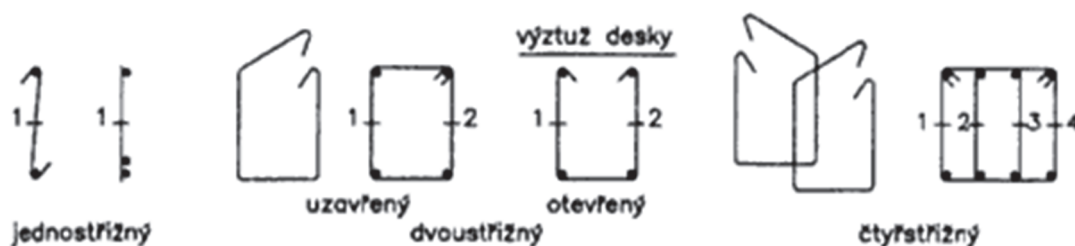
3.1.2 Trám

Prutový prvek s obdélníkovým průřezem nebo s tvarem I a T, který je staticky výhodnější. Trám působí samostatně (překlad) nebo společně s deskou, zatížený je kolmo ke své ose. Využívá se pro větší rozpětí v případě, kdy by deska musela mít velkou tloušťku, proto se deska kombinuje s trámy. Zatížení se přenáší přes desku do trámu a následně do podpor. [5]

Vyztužení

Nosná výztuž je provedena klasickou vázanou výztuží s ohyby nebo bez ohybů anebo pomocí svařované mřížoviny (kari sítě). Poloha nosné výztuže závisí na statickém uložení a způsobu namáhání (tah/tlak). Nesmíme také zapomenout na její kotvení.

Smyková výztuž je doložena statickým výpočtem, prvek se musí vyztužit pouze vázanou výztuží nikoliv mřížovinou. Obvykle smykovou výztuž představují třmínky, které přenášejí primárně smykové namáhání a kroutící účinky. Dále mohou sloužit k ukotvení (fixaci) nosné výztuže.



Obr. 10 Druhy třmínků [7]

Druhy trámů podle statického působení

a) Prostý

Běžně do rozpětí 6 m z ekonomických důvodů. Nosná výztuž se skládá z 3 až 5 vložek \varnothing 10 až 24 mm, klade se v poli k dolnímu taženému okraji.

b) Vetknutý

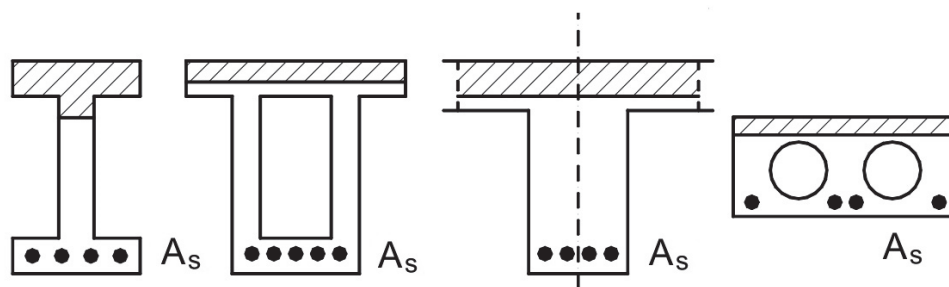
Vyztužuje se obdobně jako vetknutá deska. Výztuž se klade na kladný moment v poli a na záporný moment v podpoře v horním lici.

c) Konzolový

Může být samostatný, krakorec, nebo převislým koncem prostého či spojitého nosníku. Třmínky mají podle polohy různou výšku.

d) T průřez

Někdy nazývaný jako deskový trám. Jedná se o monolitickou konstrukci, která působí jako celek. Zatížení se přenáší z podlahy do stropní desky, pak do trámů (podpor) a z nich do podpor (průvlak, stěna). Výhodou je snížené množství výztuže.



Obr. 11 Typy T průřezu [8]

Poruchy

U trámu namáhaného ohybem mohou vzniknout tahové trhliny, které se objevují u spodního povrchu. Smykové trhliny vznikají u podpor, důvodem je přetížení konstrukce nebo nedostatečná smyková výztuž, která v prvku chybí anebo je jí v něm nedostatek. Další trhliny mohou vzniknout malou vrstvou krytí výztuže třmínků apod.

3.1.3 Průvlak

Prutový prvek s obdélníkovým průřezem, používá se pro velká rozpětí. Zatížení se přenáší přes desku do trámu a z trámu do průvlaku, a následně do podpor. [5]

3.1.4 Sloup

Svislý prutový prvek, který přenáší svislé zatížení ze stropní konstrukce a vodorovné zatížení větrem do základové konstrukce. Namáhan je převážně tlakem. Nejmenší rozměr průřezu 200 mm pro sloupy betonované ve svislé poloze a 140 mm pro sloupové dílce betonované ve vodorovné poloze. [5]

Vyztužení

Nosná výztuž je nosná spolu s betonem, navrhuje se statickým výpočtem. U čtvercového průřezu min. 2 Ø 12 mm a u kruhového průřezu 6 Ø 12 mm. Mezery mezi pruty min 20 mm.

Smyková výztuž brání příčnému roztahování betonu při zatížení a zajišťuje polohu nosné výztuže při betonáži, její min. Ø 6 mm.

Poruchy

Při nedostatečném návrhu sloupu, jeho velkým přetížením může dojít k vybočení z jeho osy nebo byl špatně proveden. Krycí vrstva betonu se může odštípnout, vzdálenost třmínků nemusela být dodržena či v konstrukci chybí anebo nosná výztuž byla zaměněna za jiný profil.

3.2 Materiál

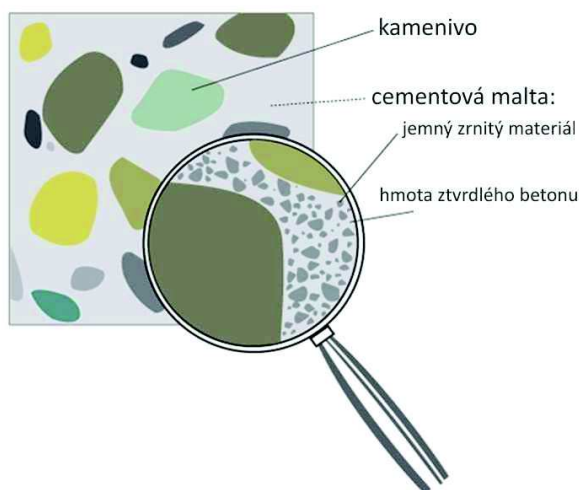
Podle historie se nejprve používalo dřevo, později zdivo do kleneb. S vynálezem betonu došlo k rozvoji betonových prvků a následně i ke kombinaci betonu a keramických dílců. Nesmíme zapomenout také na ocel a konstrukční sklo. Dnes se nejvíce využívá z materiálů ocel, beton, dřevo, keramické dílce, konstrukční sklo a různé kombinace těchto materiálů. V podkapitolách jsou popsány materiály pro železobetonové stropy.

3.2.1 Beton

Beton je kompozitní látka, která vzniká tvrdnutím betonové směsi. Někdy se nazývá i jako umělý kámen. Jeho hlavní složky jsou plnivo, pojivo, voda a dnes se beton neobejde bez i přísad či příměsí. Vlastnosti betonu jsou primárně ovlivněny skladbou a poměrem mísení jeho základních složek, přidáním příměsí a přísad můžeme dosáhnout oddálení tuhnutí betonové směsi, zvýšit pevnost, snížit reologické vlastnosti aj. Jeho

předností je velmi dobrá pevnost v tlaku, ale pevnost v tahu je velmi malá, a proto se betonové prvky musí vyztužovat betonářskou výztuží.

Plnivem je nejčastěji *kamenivo*, které plní funkci kostry v betonu a zaujímá 75 až 80% objemu betonu. Vlastnost užitého kameniva má vliv na trvanlivost betonu. Použitá frakce kameniva v konstrukci závisí na vyztužení prvku a vzdálenosti vložek, důvodem je dobré zhutnění betonové směsi a eliminace kaveren. Kamenivo může být přírodní či umělé (keramzit, perlit, průmyslový odpad...). *Cement* je hydraulické práškové pojivo, které po smíchání s vodou tvoří cementový tmel. Ten pak tuhne a tvrdne a mění se v cementový kámen, avšak tento proces probíhá jak na vzduchu, tak i pod vodou. Při tuhnutí vzniká hydratační teplo a po zatvrdnutí si zachovává svou pevnost a stálost na suchu i ve vodě. Používá se Portlandský cement CEM I, Portlandský cement směsný CEM II a vysokopecní cement CEM III. Vyrábí se v pevnostních třídách 42,5 až 52,2 MPa. *Voda* pro výrobu betonové směsi je nezbytná. Musí být čistá, naopak nesmí být minerální, kyselá, odpadní, bahenní či cukernatá (cukr zpomaluje tuhnutí cementu). V betonu umožňuje hydrataci, tzn. podílí se na chemických a fyzikálních procesech. Dále rozlišujeme vodu záměsovou (voda používaná při výrobě čerstvé betonové směsi) a ošetřující (voda, kterou se kropí při tvrdnutí betonu). [9]



Obr. 12 Složení betonu [10]

Beton se značí pevnostní značkou, dnes písmenem C, dříve písmenem B. Jedná se o charakteristickou pevnost betonu v tlaku, která se udává jako válcová $f_{ck,cyl}$ [N/mm²] nebo krychelná $f_{ck,cube}$ [N/mm²]. Pevnost je stanovena na zkušebních tělesech tvaru rychle o hraně 150mm či válce o průměru 150mm a výšce 300mm.

C válcová / krychelná př. C 16/20

Volba třídy betonu závisí na prostředí konstrukce (nebezpečí koroze, karbonatace, vliv chloridů, působení mrazu a chemikálií), na kterém také min. vrstva krytí výztuže, dále druhu konstrukce nebo prvku, podle stupně důležitosti a druhu použité výztuže. [9] Základní třídy pevnosti betonu v tlaku uvádí norma ČSN EN 206 [11]. Lehký beton je označen značkou LC a obyčejný a těžký beton je označen C. Viz Tab. 1 a Tab. 2.

Tab. 1 Pevnostní třídy obyčejného a těžkého betonu označeného písmenem C dle normy ČSN EN 206 [11]

| Pevnostní třída betonu | Minimální charakteristická válcová pevnost $f_{ck,cyl}$ N/mm ² | Minimální charakteristická krychelná pevnost $f_{ck,cube}$ N/mm ² |
|------------------------|---|--|
| C 8/10 | 8 | 10 |
| C 12/15 | 12 | 15 |
| C 16/20 | 16 | 20 |
| C 20/25 | 20 | 25 |
| C 25/30 | 25 | 30 |
| C 30/37 | 30 | 37 |
| C 35/45 | 35 | 45 |
| C 40/50 | 40 | 50 |
| C 45/55 | 45 | 55 |
| C 50/60 | 50 | 60 |
| C 55/67 | 55 | 67 |
| C 60/75 | 60 | 75 |
| C 70/85 | 70 | 85 |
| C 80/95 | 80 | 95 |
| C 90/105 | 90 | 105 |
| C 100/115 | 100 | 115 |

Tab. 2 Pevnostní třídy obyčejného a těžkého betonu označeného písmenem LC dle normy ČSN EN 206 [11]

| Pevnostní třída betonu | Minimální charakteristická válcová pevnost $f_{ck,cyl}$ N/mm ² | Minimální charakteristická krychelná pevnost $f_{ck,cube}$ N/mm ² |
|------------------------|---|--|
| LC 8/9 | 8 | 9 |
| LC 12/13 | 12 | 13 |
| LC 16/18 | 16 | 18 |
| LC 20/22 | 20 | 22 |
| LC 25/28 | 25 | 28 |
| LC 30/33 | 30 | 33 |
| LC 35/38 | 35 | 38 |
| LC 40/44 | 40 | 44 |
| LC 45/50 | 45 | 50 |
| LC 50/55 | 50 | 55 |
| LC 55/60 | 55 | 60 |
| LC 60/66 | 60 | 66 |
| LC 70/77 | 70 | 77 |
| LC 80/88 | 80 | 88 |

Koncem 19. století se používal beton s nízkou pevností v tlaku často prokládaný kamenem, u kterého hrozí výskyt kaveren. Po 1. světové válce byl beton již na lepší úrovni. Setkat se můžeme s předsádkovým betonem u povrchu mostů vystavených v tomto období. Ve 30. až 50. letech 20. století je ovšem problém s hlinitanovým cementem, který byl použitý v betonu. Tento cement měl vysoký nárůst pevnosti, ale po čase došlo k rozpadu pojiva a konstrukce díky němu přestala být únosná a došlo k jejímu kolapsu. Použití hlinitanového cementu pak bylo díky haváriím zakázáno. Při diagnostice jej rozpoznáme podle rezavé až hnědé barvy pojiva.



Obr. 13 Hlinitanový beton

Po roce 1948 nastalo období budování. Byla nedostatečná kontrola kvality, malá krycí vrstva výztuže, která se u venkovních staveb projevovala masivní korozí výztuže. Nesmíme zapomenout na akci Z, která byla v tomto období. Začátkem 90. let postupně došlo ke zlepšení kvality materiálu a technologii. Běžně se dnes používá prostý a slabě vyztužený beton C12/15 až C20/25, železobeton třídy C25/30 a více pro prefabrikované prvky, jejich spínání nebo pro monolitické konstrukce. Použití betonů vyšších pevnostních tříd je vhodné při větších namáháních a z důvodu ochrany výztuže před korozí.

Nesmíme zapomenout, že beton nemůžeme hodnotit jen vizuálně, protože povrch je většinou upraven vrstvou kvalitní cementové malty či malby, která může skrýt výskyt možných poruch. Vyhodnocení zkoušek musí být dle platné normy. Pevnostní třída

betonu se stanoví dle dokumentace skutečného provedení nebo na základě laboratorních zkoušek. [12]

3.2.2 Betonářská výztuž

Jedná se o tyče kruhového průřezu, hladkého nebo profilovaného povrchu. Používají se jednotlivě nebo jako svařence (sítě, mřížoviny). Betonářská ocel přenáší zejména tak a smyk. Využívá se tyčí, drátů či svařovaných sítí. Používá se ocel s obsahem uhlíku v rozmezí 0,1 až 0,15 % uhlíku s pevností 340 až 450 MPa a tažností 28 %. Oceli s větším obsahem uhlíku do 0,5 % mívají pevnost v rozmezí 700 až 800 MPa a tažnost 10 %. Tato pevnost výrazně klesá s rostoucí teplotou nad 300 °C. Při teplotách nad 500 °C je pevnost oceli cca na 50 % původní deklarované pevnosti. S těmito teplotami také výrazně klesá modul pružnosti a roste tažnost. Opakované namáhání vysokou teplotou nad 300 °C způsobuje pokles pevnosti až na hodnotu únavové pevnosti, která je cca 30 až 40 % původní pevnosti. [9]

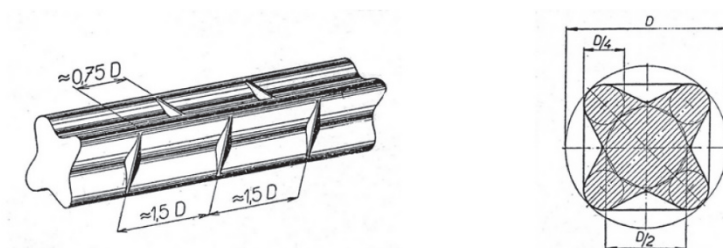
Tab. 3 Základní vlastnosti betonářské oceli [13]

| VLASTNOSTI | HODNOTA | VÝPOČTOVÁ HODNOTA |
|--|---|---------------------|
| Hustota [kg/m ³] | 7 830 - 7880 | 7850 |
| Modul pružnosti [MPa] | | |
| - v tahu a v tlaku | 200 000 - 220 000 | 210000 |
| - ve smyku | 85000 | 85000 |
| Součinitel teplotní délkové roztažnosti [K ⁻¹] | 10*10 ⁻⁶ – 12*10 ⁻⁶ | 12*10 ⁻⁶ |
| Poissonův součinitel | | 0,3 |
| Měrná tepelná kapacita [kJ*kg ⁻¹ *K ⁻¹] | | 0,46 |

Ocelová výztuž je označena číselnou značkou podle svých vlastností (mez pevnosti, mez kluzu, tažnost, svařitelnost). Označením se zabývá více norem současně.

- ČSN EN 10027-1 Systémy označování ocelí - Část 1: Stavba značek ocelí
- ČSN EN 10080 Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná betonářská ocel - Všeobecně
- ČSN 42 0002 Číselné označování a rozdělení ocelí ke tváření [13]

Z historie za zmínku stojí výztuž 10 512 ROXOR, která nemá typický kruhový průřez, ale připomíná tvar kříže.



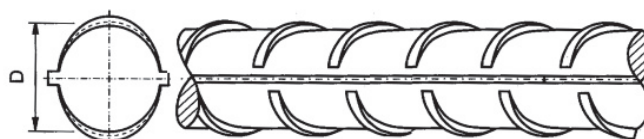
Obr. 14 Výztuž ROXOR [12]

Dále také 10 472 ISTEГ, která je splétaná ze dvou hladkých kruhových profilů.



Obr. 15 Výztuž ISTEГ [14]

Dnes se používá žebírková ocel B500. Žebírka na oceli zlepšují soudržnost betonu s ocelí, která závisí na přilnavosti cementu a sevření výztuže. Povrch oceli musí být čistý. Mírná koroze nevadí.



Obr. 16 Žebírková výztuž [14]

Pokud při určení druhu výztuže in situ máme pochybnosti, můžeme ve vhodném místě odebrat vzorek. Zároveň však nesmíme ohrozit statické působení konstrukce. Množství a polohu výztuže musíme uvažovat dle skutečnosti. [12]

3.3 Železobetonové stropy

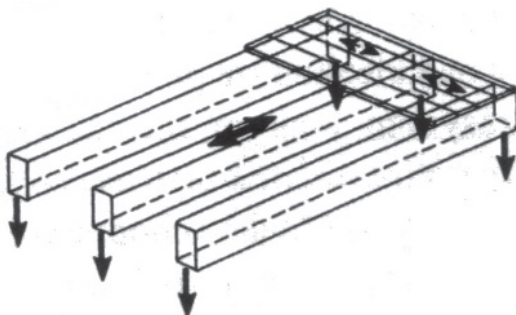
V současné době nejvíce používané. Jejich výhodou je velká únosnost, tuhost ve svislé a horizontální rovině, libovolný tvar konstrukce, nehořlavost a velká požární odolnost. Nevýhodou jsou reologické vlastnosti betonu (smršťování a dotvarování), malý tepelný odpor náročná demontáž, recyklace a recyklace materiálu.

Jejich životnost a trvanlivost je poměrně velká, i přes podléhání degradaci materiálu v důsledku karbonatce (závisí na krytí výztuže) a koroze výztuže. [3]

Rozdělení železobetonových stropů

a) trémové

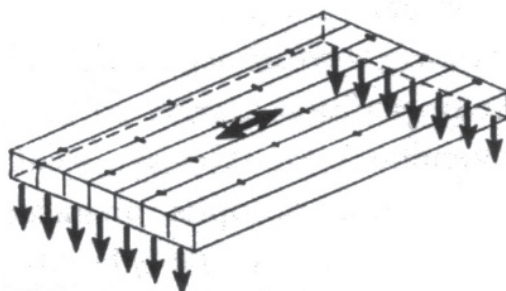
Nosná část je tvořena trémy orientované v jednom, ve dvou nebo více směrech, mezi kterými je pnutá spojitá deska. Hodí se do rozpětí větší než 4 m a velká zatížení. Z hlediska obousměrného vyztužení desky je vhodné navrhovat síť trámů a průvlaků o čtvercovém rozměru. Při velkých zatíženích mohou být trémy a průvlaky zesíleny náběhy, které se mohou provést zvětšením výšky a šířky. Jejich nevýhoda spočívá v pracnosti bednění. [5]



Obr. 17 Trémový strop [3]

b) deskové

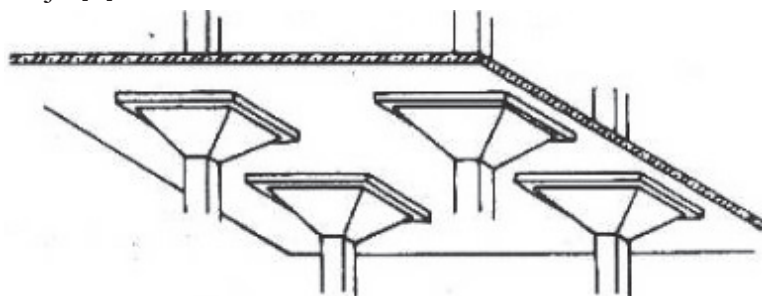
Nosná část je tvořena deskou pnutou v jednom nebo více směry. Může být podepřena po celém obvodu nebo lokálně na některých místech. Deska pnutá v jednom směru se dnes používá málo, protože ji lze nahradit prefabrikátem. Jednoduché je i její bednění. Deska pnutá v obou směrech (křížem vyztužená) se provádí nad čtvercovým nebo obdélníkovým půdorysem s poměrem stran max. 1:2. [5]



Obr. 18 Deskový strop [3]

c) hřibové

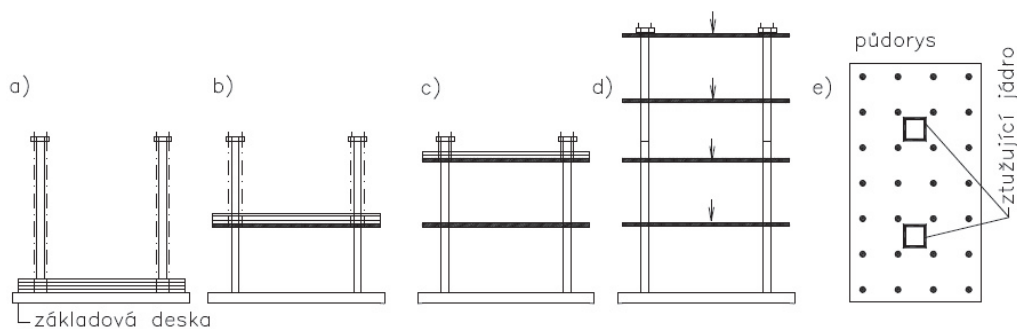
Konstrukce je tvořena oboustranně vyztuženou deskou, která je spojitá a podporována sloupy. Sloupy mají hlavice, která brání bodovému propíchnutí desky a zkracuje i rozpětí desek. Tvar hlavice může být například jehlanový. Sloupové prvky fungují v konstrukci jako skryté průvlaky, z toho důvodu je výztuž v těchto místech navrhovaná hustěji. [5]



Obr. 19 Hřibový strop [3]

d) zdvíhané

Speciální druh stropu, který využívá skrytých hlavice ve stropní desce. Konstrukce se skládá ze vztyčených ocelových sloupů, na kterých jsou nasazeny ocelové hlavice. Na úrovni suterénu se stropní desky vybetonují jedna na druhé a ušetříme tím bednění. Jednotlivé desky se oddělují fólií, aby se nespojily. Po vyzrání betonu jsou pak jednotlivé desky zvedány pomocí hydraulického zařízení, které je osazeno na sloupech. [5]



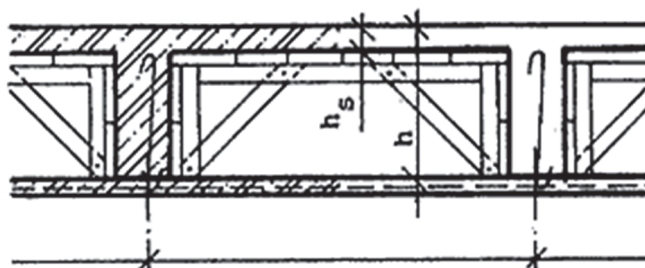
Obr. 20 Zdvíhaný strop [15]

3.3.1 Monolitické stropy

U tohoto způsobu provádění vodorovných konstrukcí je velká stavební pracnost, dodržení technologických procesů (tuhnutí, tvrdnutí, ošetřování aj.), sezónnost prací atd. V textu jsou dále uvedeny některé druhy těchto stropů. [3]

a) bedničkový strop

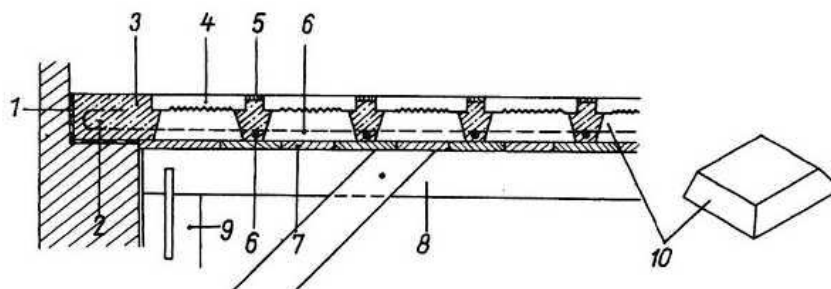
Druh trémového stropu, jeho podhled tvoří železobetonová deska tlustá min. 30mm, která je součástí nosné konstrukce a betonuje se nejdříve. Na ní je žebrový strop, jehož bednění zůstává na desce a je součástí stropu. Osová vzdálenost žeber 0,6 až 1,0m. V dutinách se vede technické vybavení (vytápění, kanalizace aj.).



Obr. 21 Bedničkový strop [3]

b) sklo železobetonový strop

Nosnou část tvoří žebírka spojená s obvodovým železobetonovým rámem. Strop může být proveden i jako deskový, tloušťka žebírek je stejná jako skleněné tvárnice. Po obvodu musí být strop oddělen dilatační spárou.



1 – asfaltová zálivka s konopným provazcem, 2 – lepenka, 3 – železobetonový rám, 4 – skleněná stropovka, 5 – cementový potěr, 6 – železobetonové žebírko, 7 – bednění, 8 – trám, 9 – sloup, 10 – plechová forma

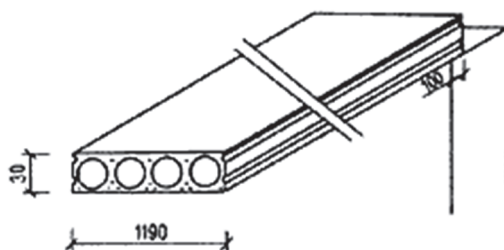
Obr. 22 Sklo železobetonový strop [16]

3.3.2 Prefabrikované stropy

Jejich předností je rychlá výstavba a možnost předepínání stropních dílců velkých rozponů a větších únosností. Naopak nevýhodou jsou náklady na přepravu a montáž dílců velkých rozměrů. Někdy je nazýváme jako montované. Dále jsou uvedeny vybrané druhy těchto stropů. [3]

a) panelové

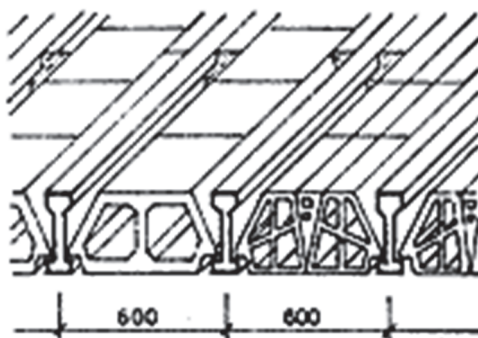
Železobetonové panely jsou velkoplošné dílce vyráběné v délce od 3,6 m, jejich rozměry a průřezy jsou ovlivněny rozpětím, zatížením a použitým materiálem. Vyrábějí se ze železobetonu nebo z předpjatého betonu (pro větší rozpětí a větší zatížení). Podle průřezu se panely dělí na plné, dutinové, žebírkové, TT. Zmonolitnění konstrukce se zajišťuje betonovou zálivkou všech spár mezi panely. Po zabetonování ztužujících věnců a styčných spár spolupůsobí panely jako souvislé stropní desky.



Obr. 23 Dutinový panel SPIROLL [3]

b) montované ze železobetonových nosníků a vložek

Tento typ konstrukce se skládá ze železobetonových nosníků, vložek a zálivky. Nosníky se vyrábějí ve tvaru I, popř. tvaru obráceného písmene T mají upravené zhlaví s vyčnívající armaturou, sloužící ke spojení s výztuží pozdních věnců.

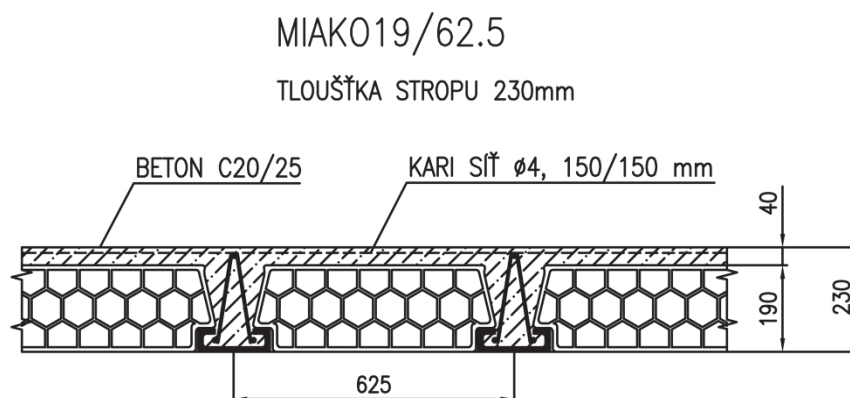


Obr. 24 Strop ze železobetonových nosníků a vložek [3]

3.3.3 Prefamonolitické stropy

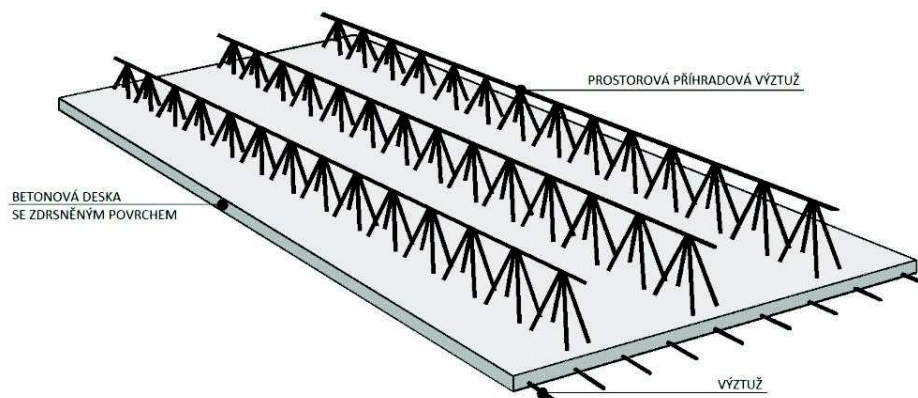
Vznikají kombinací prefabrikovaných dílců, které tvoří bednění a nosnou část konstrukce, a následnou betonáží (zmonolitnění). [3]

- a) *Keramické stropy* – kombinace keramických vložek, keramobetonových stropních nosníků, které jsou vyztužené svařovanou prostorovou výztuží; kari sítí a betonovou směsí



Obr. 25 Strop MIAKO [17]

- b) *Filigranové stropy* - tenké prefabrikované desky, ve kterých je již zabudovaná nosná i rozdělovací výztuž pro přenesení kladných ohybových momentů v konečném stádiu po zmonolitnění; dále jsou desky opatřeny prostorovými příhradovými nosníky, které se využívají při manipulaci, zajišťují dostatečnou tuhost v montážním stavu a spřažení prefabrikované a monolitické části v konečném stavu.



Obr. 26 Filigránový strop

4. DIAGNOSTICKÉ METODY

Při hodnocení stávající železobetonové konstrukce je důležitý stav a kvalita betonu, který je použitý v nosných prvcích. Ve stavebně technickém průzkumu se zaměřujeme především na faktory, které by mohli ovlivnit celkový stav a únosnost konstrukce. Předností betonu je pevnost v tlaku, na kterou se musíme především zaměřit, ovšem nesmíme zapomenout na výztuž samotného prvku, u které musíme určit její druh, hloubku karbonatace, tloušťka krycí vrstvy výztuže. Dále nás zajímá vlhkost, výskyt vad, poruch atd. Pro získání těchto informací potřebujeme tyto základní přístupy, jedná se především o diagnostické metody nedestruktivní, destruktivní a semidestruktivní. Ovšem druh a rozsah použitých metod závisí na druhu posuzované konstrukce. Popsány budou vybrané metody, které byly využity v praktické části této práce.

4.1 Destruktivní metody

4.1.1 Sekaná sonda



Obr. 27 Sekaná sonda sloupu

Sekaná sonda pro konstrukci znamená mechanické odstranění krycí vrstvy betonu a obnažení výztuže. Úhlovou bruskou s řezným kotoučem je potřeba vymezit oblast, ze které příklepovým kladivem odstraníme krycí vrstvu betonu, a výztuž se obnaží. Musíme pracovat opatrně, abychom nepoškodili výztuž v konstrukci. Následně můžeme změřit posuvným měřítkem profil výztuže, hloubku krytí, určit druh výztuže a vizuálně zhodnotit stupeň koroze, možný úbytek na průměru způsobený korozí. Dle určení druhu a roku provedení konstrukce výztuž zatřídíme a zjistíme materiálové charakteristiky (mez kluzu) podle národní přílohy NC3 v normě ČSN 13 822. [1]



Obr. 38 Sekaná sonda stropu

4.1.2 Jádrové vývrty

Jádrový vývrt je zkušební válcový vzorek betonu získaný pomocí speciální jádrové vrtačky. Problematiku vývrtů řeší normy, zejména ČSN EN 12504-1 [18], ČSN 12390-3 [19] a ČSN 73 6172 [20]. Před vlastním provedením vývrtů je nutno zvážit účel zkoušení a hodnocení výsledných údajů. Počet vývrtů vychází z velikosti a členitosti zkoumané konstrukce. Odběr vývrtu vždy znamená značný zásah do konstrukce a nesmíme ovlivnit její statické působení.

Průměr vývrtu se snažíme volit co nejmenší, abychom minimálně zasáhli do konstrukce. Naopak by průměr měl být co největší vzhledem k struktuře betonu. Průměr vývrtu je minimálně 50mm, běžně do 300mm. Při odebírání vzorku nesmíme zapomenout na velikost zrn kameniva v konstrukci, pokud je velikost maximálního zrna kameniva k průměru vývrtu v poměru 3:1, mohou být ovlivněny výsledky pevnostních zkoušek. Zapomenout nesmíme také na rozložení výztuže v konstrukci, které se musíme při vrtání, je-li to možné, vyhnout, neboť její přítomnost ve zkušebním tělese zkresluje výsledky. Maximální přípustný objem výztuže jsou 4% z objemu vývrtu. [12]



Obr. 29 Jádrový vrtací stroj HILTI a diamantové jádrové vrtací korunky

Ve zkušebních tělesech pro zjištění pevnosti v tlaku nesmí být přítomna výztuž v rovnoběžném směru s osou jádrového vývrtu. Vývrty se obvykle vrtají kolmo k povrchu a měly by se odebírat z míst, kde je největšího tlakového namáhání, pokud možno s v místech s nejmenším výskytem výztuže, ovšem nikoliv v blízkosti spár a hran konstrukce. Hloubka vývrtu se volí s ohledem, aby zkušební těleso po zabroušení nebo zakončování mělo výsledný poměr výšky k průměru 1:1 až 2:1. Je výhodné udělat vývrt tak hluboký, aby z něj bylo možno zhotovit více zkušebních těles.

Ihned po ukončení vrtání probíhá **identifikace a označení vzorku**. Na vývrt se označí typ prvku, jeho prostorové umístění v konstrukci, dále místo odběru, datum, skladba konstrukce, rozměry vývrtu (délka a průměr), možné poruchy betonu (dutiny, stěrková hnízda), pokud se ve vývrtu nachází i výztuž, musí se zaznamenat její průměr, stav, krycí vrstva.



Obr. 30 Označení jádrového vývrtu

Test karbonatace betonu

Karbonatace betonu představuje chemický proces, který má za důsledek korozi ocelové výztuže. Při hodnocení betonu se používá fenoftalein, který se nastříká jako 1% roztok v ethylalkoholu ihned po odvrtání jádra nebo po rozdrcení zkušebního tělesa. Zkarbonatovaná vrstva betonu se vizuálně nezmění, beton, který není napaden karbonatací, se zbarví do růžova.

Úprava zkušebních těles

Zkušební tělesa se z odebraných vzorků připravují dále pro zkoušení řezáním na válce. Poměry délky vývrtu k průměru podle ČSN EN 12504-1 [18] jsou:

- 2,0, jestliže se má pevnost porovnávat s válcovou pevností
- 1,0, jestliže se má pevnost porovnávat s krychelnou pevností

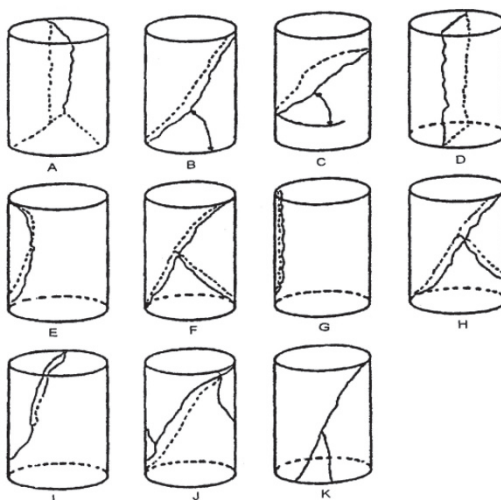
Zkoušení na tělesech s $d \neq 150$ mm norma ČSN EN 12504-1 řeší následovně: Výsledky na tělesech s průměrem $d = 100$ mm se nepřepočítávají, považují se za shodné s tělesy o průměru $d = 150$ mm. Pro zkoušení na tělesech o průměru menším než 100 mm by měly být provedeny kalibrace. [21]

Zkoušení tělesa

Zkušební tělesa se pečlivě zbrousí, změří a zváží. Dále se na nich stanoví pevnost v tlaku a u každého zkušebního tělesa. Ta se stanoví dělením maximálního zatížení průřezovou plochou, která se vypočítá ze středního průměru. Výsledek se poté zaokrouhlí na nejbližší 0,1 MPa nebo 0,1 N/mm². Při zkoušce musíme zkontrolovat porušení zkušebních těles. Pokud porušený vzorek neodpovídá požadavkům podle ČSN 12 390-3 [19], je nutné jej vyřadit (viz obr. 31).



Obr. 31 Vyhovující porušení zkušebního vzorku [19]



Obr. 32 Nevhovující porušení zkušebních těles [19]

Stanovení pevnosti v tlaku

Základní rovnicí pro stanovení pevnosti betonu v tlaku je

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (4.1)$$

kde f_c ... pevnost v tlaku [MPa]

F ... maximální zatížení při porušení [kN]

A_c ... průřezová plocha tělesa vzdorující tlakovému namáhání [mm²]

Často se ale setkáváme s problémem, že nelze odebrat vzorek vývrtu základního normalizačního rozměru. Proto je pak nutné dosaženou pevnost v tlaku přepočítat podle normy ČSN EN 12390-3, Z1 [19] na válcovou pevnost. Ta se přepočítává se dle vztahu (4.2)

$$f_{c,cyl} = \kappa_{c,cube} * \kappa_{c,cyl} * \frac{F}{A_c} \quad (4.2)$$

kde: $f_{c,cyl}$ válcová pevnost v tlaku [MPa]

$\kappa_{c,cube}$ opravný součinitel pro příčný rozměr tělesa různý od 150mm. Lze ho získat buď experimentálně (min. 16 sad těles), anebo bereme jeho hodnotu $\kappa_{c,cube} = 0,95$ pro $d = 100$ mm, $\kappa_{c,cube} = 0,91$ pro $d = 50$ mm

$\kappa_{c,cyl}$ opravný součinitel pro štíhlost válce λ , kdy $1,0 < \lambda < 2,0$

$$\kappa_{cy} = 0,8 + \sqrt{\frac{\lambda - 0,933}{26,667}} \quad (4.3)$$

F maximální zatížení při porušení [kN]

A_c průřezová plocha tělesa vzdorující tlakovému namáhání [mm²]

Krychelná pevnost betonu $f_{c,cube}$ v MPa se pak určí podle vztahu (4.4)

$$f_{c,cube} = \kappa_{cyl,cube} * f_{c,cyl} \quad (4.4)$$

kde: $\kappa_{cyl, cube}$ součinitel pro přepočítání válcové pevnosti na krychelnou, závislý na hodnotě válcové pevnosti v tlaku dle Tab. 4

Tab. 4 Převodní součinitel při převodu pevnosti betonu zjištěné na válcích základních rozměrů na pevnost krychelnou [ČSN EN 12390-3, Z1]

| | | | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $f_{c,cyl} [MPa]$ | 8 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| $\kappa_{cyl, cube}$ | 1,252 | 1,252 | 1,252 | 1,251 | 1,249 | 1,246 | 1,242 | 1,236 |
| $f_{c,cyl} [MPa]$ | 45 | 50 | 55 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| $\kappa_{cyl, cube}$ | 1,230 | 1,223 | 1,215 | 1,206 | 1,195 | 1,184 | 1,172 | 1,159 |

Vyhodnocení pevnosti v betonu

a) podle ČSN ISO 13822

Charakteristickou pevnost betonu v konstrukci ze zkoušek na vývrtech lze v současné době stanovit podle ČSN ISO 13822 a ČSN 73 0038, kde je uveden obecný postup po všechny druhy materiálů. Tyto normy doporučují provést pro „známé“ betonové konstrukce nejméně 3 až 6 zkoušek. Pokud o sledované konstrukci nemáme spolehlivé informace (např. při průzkumu staré konstrukce), je konstrukce brána jako neznámá, počet vzorků by měl být výrazně vyšší.

Z výsledků n zkoušek x_1, x_2, \dots, x_n materiálové vlastnosti X se stanoví průměr m_x , směrodatná odchylka s_x , a variační součinitel V_x , podle vztahů

$$m_x = \frac{\sum x_i}{n} \quad (4.4) \quad s_x^2 = \frac{\sum (x_i - m_x)^2}{n-1} \quad (4.5) \quad V_x = \frac{s_x}{m_x} \quad (4.6)$$

Za předpokladu normálního rozdělení materiálové vlastnosti X se pak charakteristická hodnota X_k (dolní 5% kvantil) stanoví ze vztahu:

$$X_k = m_x (1 - k_n V_x) = m_x - m_x k_n V_x = m_x k_n \frac{s_x}{m_x} = m_x - k_n s_x \quad (4.7)$$

kde: k_n součinitel pro stanovení 5% kvantilu, který je uvedený v Tab. 5

Tab. 5 Součinitele $k_{n,x}$ pro stanovení 5% kvantilu (charakteristické hodnoty)

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| Počet n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 20 | 30 | ∞ |
| $k_{n,x}$ pro V_x známý | 2,31 | 2,01 | 1,89 | 1,83 | 1,80 | 1,77 | 1,74 | 1,72 | 1,68 | 1,67 | 1,64 |
| $k_{n,x}$ pro V_x neznámý | - | - | 3,37 | 2,63 | 2,33 | 2,18 | 2,00 | 1,92 | 1,76 | 1,73 | 1,64 |

Variační součinitel V_x lze považovat za známý, jestliže to ukazují dlouhodobé zkušenosti získané za stejných podmínek. Přestože tab. 4.2 naznačuje v tomto případě možnost využití jedné zkoušky, doporučuje se provést minimálně 3 až 6 zkoušek. V případě diagnostiky neznámé konstrukce nelze nižší počet zkoušek než 6 vůbec doporučit, spíše je vhodné počet zvýšit.

b) podle ČSN EN 13791

Tato norma ČSN EN 13791 je zaměřena na stanovení pevnosti betonu v konstrukci a měla by být využívána spíše u „nových“ konstrukcí. Pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci by se mělo vyzkoušet co největší počet vývrtů, ale musíme brát ohled na to, abychom neporušili spolehlivost konstrukce. Podmínkou je, že z jednoho prvku musí být odebráno min. 3 vývrty. Pro posouzení shody se používají tato kritéria:

- **Kritérium A** – min. pro 15 vzorků

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48s \quad (4.8)$$

$$f_{ck,is} = f_{is,nejmenší} + 4 \quad (4.9)$$

Platí menší z obou výsledných hodnot, přitom musí být ověřeno, zda se jedná o normální rozdělení. Jestliže se neprokáže, že soubor výsledků má normální rozdělení, má se provést nové hodnocení, např. tak, že soubor se rozdělí na dva

- **Kritérium B** – pro 3 až 14 vzorků

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k \quad (4.10)$$

$$f_{ck,is} = f_{is,nejmenší} + 4 \quad (4.9)$$

Platí menší z obou výsledných hodnot. Pokud výsledek je značně na straně bezpečnosti, doporučuje se odebrat více vývrtů.

V kritériích:

| | |
|-------------------|--|
| $f_{ck,is}$ | charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci |
| $f_{m(n),is}$ | průměrná pevnost betonu v tlaku stanovená na n počtu vývrtů |
| $f_{is,nejmenší}$ | nejmenší pevnost zjištěná na vývrtech, s je směrodatná odchylka pevností vývrtů; pokud je menší než 2,0 MPa, dosadí se hodnota 2,0 MPa. k je součinitel závislý na počtu vývrtů n (pro 3-6 vývrtů k=7, pro 7-9 vývrtů k=6, pro 10-14 vývrtů k=5) |

ČSN EN 13791 požaduje pro splnění požadavku na projektovanou pevnost betonu dosažení v konstrukci pouze 85 % charakteristické pevnosti na normových tělesech. Hodnoty charakteristické pevnosti in situ jsou uvedeny v Tab. 6

Tab. 6 Minimální charakteristická pevnost v tlaku v konstrukci dle ČSN en 13 791 [22]

| Pevnostní třída betonu podle ČSN EN 206-1 | Poměr charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci k charakteristické pevnosti betonu v tlaku normových těles | Minimální charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci N/mm ² | |
|---|--|--|--------------------|
| | | $f_{ck, is, cyl}$ | $f_{ck, is, cube}$ |
| C8/10 | 0,85 | 7 | 9 |
| C12/15 | 0,85 | 10 | 13 |
| C16/20 | 0,85 | 14 | 17 |
| C20/25 | 0,85 | 17 | 21 |
| C25/30 | 0,85 | 21 | 26 |
| C30/37 | 0,85 | 26 | 31 |
| C35/45 | 0,85 | 30 | 38 |
| C40/50 | 0,85 | 34 | 43 |
| C45/55 | 0,85 | 38 | 47 |
| C50/60 | 0,85 | 43 | 51 |

4.2 Nedestruktivní metody

4.2.1 Magnetická indukční metoda

Přístroje založené na principu magnetické indukční metody jsou základním nástrojem pro orientační zjištění existence výztuže ve vyšetřované konstrukci. Tato metoda k detekci výztuže využívá feromagnetického jevu a vířivých proudů. Přístroj obsahuje sondu, jejíž nedílnou součástí je jádro ovinuté cívkou. Tato soustava vyvozuje konstantní magnetické pole, které je považováno za výchozí stav. Přítomnost výztuže nebo jakéhokoliv feromagnetického materiálu (např. dráty elektrického vedení, rozvody TZB apod.) toto pole deformuje. Přístroj pole zaznamenává a v poloze sondy, kde snímá největší odchylku, se výztuž nachází. [12]

Moderní přístroje jako Profometer či Pachometer dokážou určit její směr výztuže a při známém krytí s určitou přesností její průměr, nebo obráceně při daném průměru krytí. Mezi výhody metody bezesporu patří jednoduchost, nenáročnost a rychlost, ovšem

jednoduchost využitého fyzikálního principu ji zároveň i limituje, neboť s rostoucí vrstvou krytí klesá přesnost a spolehlivost a přístroj tudíž nedokáže rozpoznat např. výztuž v další vrstvě, nebo v malé vzdálenosti od sebe. Obecně platí, že lze poměrně spolehlivě detekovat pruty asi do 150 mm hloubky v betonu, ovšem nejkvalitnější přístroje odhalí výztuž většího průměru až do 300 mm. Přístroj není z pochopitelných důvodů možné použít v elektromagnetickém poli – např. v blízkosti trolejového vedení.

[12]



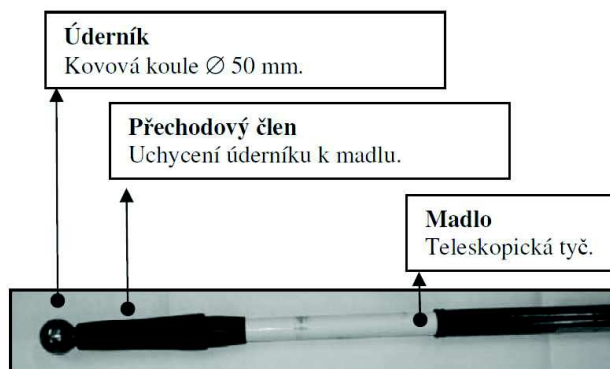
Obr. 33 Profometer

4.2.2 Akustická trasovací metoda

Tato metoda je založena na odposlechu akustické odezvy povrchu při poklepu tvrdým předmětem. Nejvíce se v praxi osvědčila kovová koule na teleskopické tyči s úderníkem a hrotem tyče. Při poklepu nesmí dojít k rezonančním jevům, které by mohly zkreslit akustikou odezvu.

Odezva může být zvonivá, dunivá a křaplavá. Tuto metodu můžeme použít u horního líce pro posouzení soudržnosti vrstev podlahy pod její nášlapnou vrstvou. U dolního líce můžeme posoudit soudržnost podhledových materiálů (omítek a nosné konstrukce), identifikovat možný podhled stropu, u kterého pak můžeme zjistit polohu, počet a pnutí nosných prvků konstrukce. Pokud posuzujeme soudržnost a přídržnost prostředí, tuto metodu lze brát jako informativní při prvotní prohlídce. U zvonivé odezvy lze uvažovat dostačující kvalitu a soudržnost jednotlivých vrstev. Naopak u dunivé odezvy můžeme očekávat problematické pevnosti vrstev. A u křaplavé odezvy se ve většině případů může jednat o poruchu či vadu. Touto metodou můžeme zmapovat problematické oblasti celé konstrukce. Na jejím základě lze zvolit místa pro další zkoušky, např. provedení sondy.

U stropní konstrukce z dolního líce při zvonivé a mírně dunivé odezvy lze rozpoznat strop se spojitým povrchem, při zvonivé odezvě se jedná o zavěšený podhled a v případě kombinace zvonivé a dunivé odezvy se jedná o žebírkovou či trámovou konstrukci. [12]



Obr. 34 Nástroj pro aplikaci akustické trasovací metody [12]

4.2.3 Georadary

Dnes velmi moderní metoda, jedná se o přístroj, který je schopný za pomoci vysílání vysokofrekvenčních elektromagnetických pulzů zaznamenat celé měřené prostředí. Metoda byla vyvinuta především pro zkoumání zemního prostředí a vyznačovala se výraznou složitostí a velikostí přístroje. Moderní georadary jsou určeny pro průzkum železobetonových konstrukcí, které pracují na stejném principu jako klasické georadary, ale vyhodnocení naměřených údajů je výrazně jednodušší. Jejich velikost je přizpůsobena pro použití na stěnách a střepech konstrukce. Radar je schopný naměřit konstrukci do hloubky cca 300 mm pomocí plošného skenování prováděného v určitém rastru. Bohužel touto metodou nemůžeme zjistit profil výztuže, proto je vhodné doplnit Touto metodou nelze zjistit průměr výztuže. Metodu je nutné doplnit například o elektromagnetický detektor výztuže, který profil výztuží stanoví. [23]



Obr. 35 Georadar Hilti PS 1000

5. DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM

V této práci se zabývám posouzením stávající stropní konstrukce Vysokopodlažních garáží v ulici Herčíkova v Brně, Královo Poli. Z dostupných informací pochází budova ze 70. let 20. století. Stáří původních hodnocených konstrukčních celků je tedy více jak 40 let. Budova je zhotovena v akci Z. Jedná se o železobetonový skelet půdorysného rozměru 34,8 x 48 m, nosnou část tvoří sloupy o rozměrech 430 x 430 mm v osové vzdálenosti 4,8m. Součástí jsou také průvlaky o rozponu 4,8m a nelze rozpoznat systém konstrukce stropu.

5.1 Historie akce Z

Akce Z byla v tehdejším socialistickém Českoslovenku po druhé světové válce dobrovolná neplacená práce. Pokud se měli lidé účastnit těchto prací, byli nejvíce informováni místním rozhlasem a jejich účast byla pro ně plusovými body v tehdejší době. Většinou se jednalo o výpomoc obecní správy, která úkoly nezvládala vlivem špatného plánování nebo z nedostatku financí. V počátku padesátých a šedesátých let minulého století akce Z představovala zvelebování jako je úklid sídlišť, výsadba stromků aj. Později tyto práce začaly zahrnovat i náročnější práce jako je výstavba prodejen s potravinami, v malých obcích se dokonce stavěli kulturní domy, knihovny, hasičské zbrojnice, školy aj. U takto významných staveb již byli přizváni jednotliví řemeslníci a odborníci, kteří si dali závazek na odpracované hodiny za týden. Ostatní obyvatelé, kteří se chtěli zapojit, pomáhali při pomocných pracích, jako je míchání malty, kopání základů aj. Již při představě lidí s různými profesemi mohly vzniknout možné nedostatky a odchylky od požadovaných vlastností. Účastníci získali za práci pochvalu. Jelikož v minulém socialistickém režimu byl nedostatek nejen stavebních materiálů, pracovníci se většinou rozhlíželi po staveništi po materiálech, které by se jim mohli hodit doma anebo je zpeněžit. Zmizel např. písek, cihly, pytle s cementem, nářadí atd.

Dnes se s akcí Z můžeme také setkat, práce je dobrovolná a provádí se různými občanskými sdruženími a spolky. Nejvíce je provádí ekologové, kteří sbírají odpadky podél vodních toků, čistí studánky apod. Ovšem dnes tyto práce už nezahrnují stavební

práce, neboť se většinou jedná o obecní majetek a musí být vypsáno výběrové řízení podle zákona č. 137/2006Sb. – *Zákon o veřejných zakázkách*.

V Královo Poli se z obětavosti Brňanů zrodila ke konci 40. let akce *Občané budují své město*, na kterou pak navázali v dalších letech akce Z ze směrnic ONV. V rámci akce Z byl položen plynovod v Myslínově ulici, sadové úpravy u kláštera, úprava cest, úprava terénu okolo Domova důchodců na Kociánce, práce na koupališti na Dobrovského. [24]



Obr. 54 Práce v rámci akce Z na Mojžírově náměstí v 50. letech [24]

5.2 Historie Králova Pole

Královo Pole bylo založeno v roce 1240. Královo Pole bylo dříve vesnice majetkem krále, proto pravděpodobně původ jména – králova země, královo pole. Nejvýznamnější památkou je Kartuziánský klášter svaté Trojice založený v roce 1375 moravský markrabě Jan Jindřich, bratr císaře Karla IV., dnes je po velké rekonstrukci v letech 2004 – 2008 v klášteře Fakulta informačních technologií Vysokého učení technické v Brně. V roce 1844 bylo Královo Pole povýšeno na městys, díky povýšení začal rozvoj průmyslu – cukrovar, klášterní pivovar, Královopolské strojírný Zbrojovka, továrna kosmetických přípravků Alpa. K Brnu bylo Královo Pole připojeno v roce 1919. [24]



Obr. 37 Kartuziánský klášter



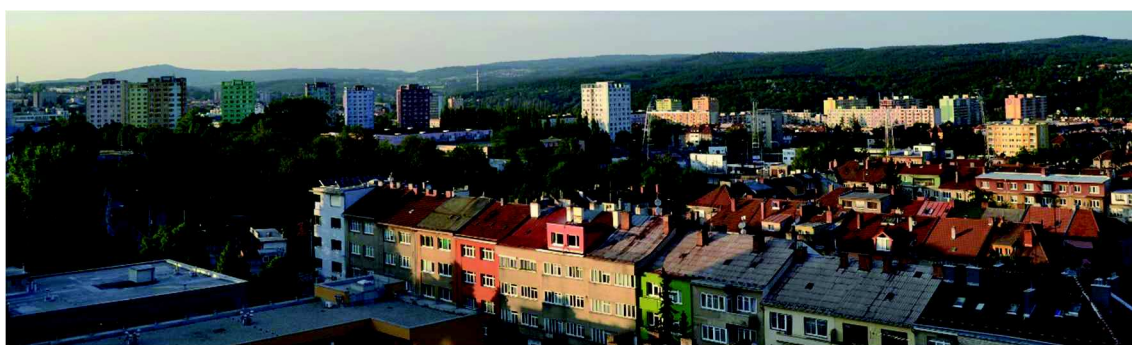
Obr. 38 Kostel Nejsvětější Trojice

Po druhé světové válce pro Královo Pole měly nejvíce významnou roli pro následující desetiletí Královopolské strojírný – Zbrojovka, hlavně nedostatek bytů pro její zaměstnance. Nová výstavba se na konci 50. let stala pro státní i komunistické orgány prioritou a zatlačovala tak do pozadí témata jiná, zejména zemědělství. K první větší vlně výstavby nových bytů V Královo Poli došlo v letech 1957-1959, kdy se počítalo s výstavbou téměř 300 bytů, z nichž více než polovina se nacházela na ulici Kubešově, Palackého a na Vodově. Výstavba sídliště Králova Pole se plánovala na druhou polovinu 60. let, která předcházela největší asanaci (vesnické části) své doby v městě Brno. [24] Bylo zbouráno 178 obytných domů, z toho 152 rodinných. Návrh sídliště provedl František Zounek a Ladislav Volák.



Obr. 39 Staré Královo Pole, domy v Dalimilově ulici před asanací v roce 1973 [24]

Sedmdesátá a osmdesátá léta se vyznačovala hektickou výstavbou. Do poloviny 70. let byly v podstatě dokončeny dva velké sídlištní celky Královo Pole I a Královo Pole II. K sídlištím patřila tehdy i občanská vybavenost, která měla vytvořit ze sídlišť svébytné celky, v nichž by obyvatelé měli k dispozici obchody, komunální a zdravotnické služby, školy i místa pro zábavu. Součástí sídliště Královo Pole I se tak stala 24 třídni základní škola na Herčíkově ulici, mateřská škola, svoje jesle, dále zdravotní středisko, prodejna potravin, restaurace aj. Svépomocí vybudovalo Stavební bytové družstvo Zbrojovka garáže pro více než dvě stě vozů na Herčíkově. Na sídlišti Královo Pole vzniklo 1500 bytů. Zabydlením obou sídlišť se počet obyvatel v Králově Poli zvedl o 6 tisíc. Že při hektické výstavbě panelových sídlišť převládala kvantita a rychlost nad kvalitou, o tom svědčí už v druhé polovině 80. let stezky a stížnosti na závady na panelových domech, které si vyžádaly generální opravy obvodových plášťů a střech. Objevila se totiž řada případů zamokání a prochlazování objektů. [24]



Obr. 40 Pohled na sídliště Královo Pole I (vlevo) a Královo Pole II (vpravo) z ulice Purkyňova

5.3 Informace o objektu

Stavebně technický a statický průzkum byl realizován v objektu vysokopodlažních garáží v ulici Herčíkova v Brně, Královo Poli. Jedná se o železobetonový skelet půdorysného rozměru 34,8 x 48 m, nosnou část tvoří sloupy o rozměrech 430 x 430 mm v osové vzdálenosti 4,8m. Součástí jsou také průvlaky o rozponu 4,8m, ale nelze jednoznačně rozpoznat systém konstrukce stropu (deska s trámy nebo deska s žebry). Budova je po délce rozdělena na dvě části, v jedné polovině se nachází původní parkovací stání a ve druhé jsou administrativní prostory (viz obr. 41). Pod administrativní částí v přízemí se nachází autodílna. Dle dostupných informací pochází budova ze 70. let minulého století a byla postavena v rámci akce Z. Stáří

původních hodnocených konstrukční celků je 40 let a více. Vlastníkem objektu je Stavební bytové družstvo Družba, které sídlí na Kapucínském náměstí v Brně.



Obr. 41 Vysokopodlažní garáže v ulici Herčíkova (vlevo - administrativní část, vpravo – parkovací stání)

5.4 Realizace průzkumu

Důvodem pro realizaci tohoto průzkumu byla změna užívání dosavadních administrativních prostor pro parkovací stání osobních automobilů. Budova je v půdoryse rozdělena po délce. V 1.NP je autodílna a pneuservis, ve 2.NP se v jedné polovině nachází původní parkovací stání a na druhé polovině jsou administrativní prostory. Rozsahy prací byly omezeny, protože byly prováděny za plného provozu autodílny a pneuservisu.

Hlavním úkolem bylo ověření:

- 1) Skladby podlah a kvality betonu stropní konstrukce nad 1. NP v aktuální dispozici administrativních místností ve 2. NP
- 2) Ověření kvality betonu nosných sloupů
- 3) Magnetická kontrola vyztužení a semidestruktivní sondáž druhů a profilů vyztuže celé konstrukce (stropy, sloupy)

5.4.1 Jádrové vývrty

Byly výhradně realizovány za účelem ověření skladby podlah a odběru vzorků betonů konstrukčních prvků pro následné laboratorní zkoušky. Jádrové vývrty o průměrech 50 mm byly prováděny vrtacím strojem HILTI DD120 z pevného stojanu. Jádrové vrtáky s diamantovými segmenty byly vždy při návrtu chlazeny vodou. Chladicí kapalina byla odsávána průmyslovým vysavačem. V odběrových místech odebraných jádrových vývrtů byly návrtky v konstrukčních prvcích zapraveny vysokopevnostní výplňovou a kotevní maltou bez smrštění GROUTEX Pac.

a) Skladba podlah a odběr vzorků z mezitrámových desek

Pro ověření kvality skladby podlah a kvality betonu užitého ve stropních dílcích nosného skeletu nad 1.NP (prostor nad autodílnou) objektu byly odebrány v šesti oblastech jádrové vývrty a označeny V1 až V6. Vrty z podlahy 2.NP (kanceláře administrativy) byly realizovány svisle dolů jádrovým vrtákem o průměru 50 mm. Diagnostické oblasti V1 až V6 byly dokumentovány fotografiemi a jejich poloha byla zakreslena v půdorysu 2.NP. Celkem bylo odebráno osm jádrových vývrtů stropních dílců, ze kterých bylo vytvořeno devět válcových zkušebních těles, a také osm jádrových vývrtů potěrového betonu ze skladby podlah. Vzorky byly v laboratoři použity pro zkoušky pevnosti v tlaku a objemové hmotnosti. Jejich výsledky jsou uvedeny v kapitole 5.5.1.



Obr. 42 Odebrané vzorky ze stropní konstrukce a podlah

b) Odběr vzorků ze sloupů

Pro ověření kvality betonu nosných sloupů bylo odebráno a realizováno ve třech místech jádrové vývrty o průměru 50 mm. Odběrová místa byla označena S1, S2 a S3. Tyto diagnostické oblasti byly dokumentovány fotografiemi a jejich poloha byla zakreslena v půdorysu 2.NP. Celkem byly z odběrových míst sloupů odebrány tři jádrové vývrty, ze kterých bylo vytvořeno sedm válcových zkušebních těles pro laboratorní zkoušky objemové hmotnosti a pevnosti v tlaku. Jejich výsledky jsou uvedeny v kapitole 5.5.1.



Obr. 43 Odebrané vzorky ze sloupů

5.4.2 Sekaná sonda

Před realizací byla nejprve provedena lokalizace polohy a počtu prutů na stropní konstrukci a sloupů železobetonového nosného skeletu. Použit byl Profometer PM 630 s kalibrací a diagnostické oblasti byly označeny SV1 až SV3. Poté se odstranila krycí vrstva betonu pro zjištění průměru a druhu betonářské výztuže. Protože se v prostorách 1. NP nachází pneuservis s autodílnou, bylo tedy nutné minimalizovat narušení jejich provozu, proto množství sond pro identifikaci výztuže byly provedeny ve 2. NP (dolní líc stropní konstrukce 3. NP a sloup 2. NP). Vytužení předmětné stropní konstrukce nad 1. NP a navazujících sloupů v 1. NP bylo ověřováno výhradně nedestruktivně z důvodů požadavku minimalizace narušení provozu v této části objektu.

Metodika měření byla následující: Na všech měřicích místech bylo nejprve provedeno pouze **nedestruktivní měření** se záznamem měřených hodnot (krytí, rozteče i průměry výztuže). Nastavení přístroje z hlediska korekce vzdálenosti výztužných vložek bylo odhadnuto pro každý druh prvku zvlášť (desky, desky mezi žebry, sloupy), ale pak již bylo pro stejné prvky dodrženo, aby bylo možné výsledky mezi sebou porovnat.

Skutečný průměr výztuže a druh výztuže byl následně stanoven pomocí sekaných sond, které však již byly prováděny na menším počtu zkušebních míst, tj. zkušební oblasti SV1, SV2 a SV3. V místech, kde nebylo možno provést semidestruktivní sondy, byly provedeny sondy pouze nedestruktivní, jsou to oblasti SV4 až SV8.



Obr. 44 Sekaná sonda sloupu



Obr. 45 sekaná sonda stropního dílce

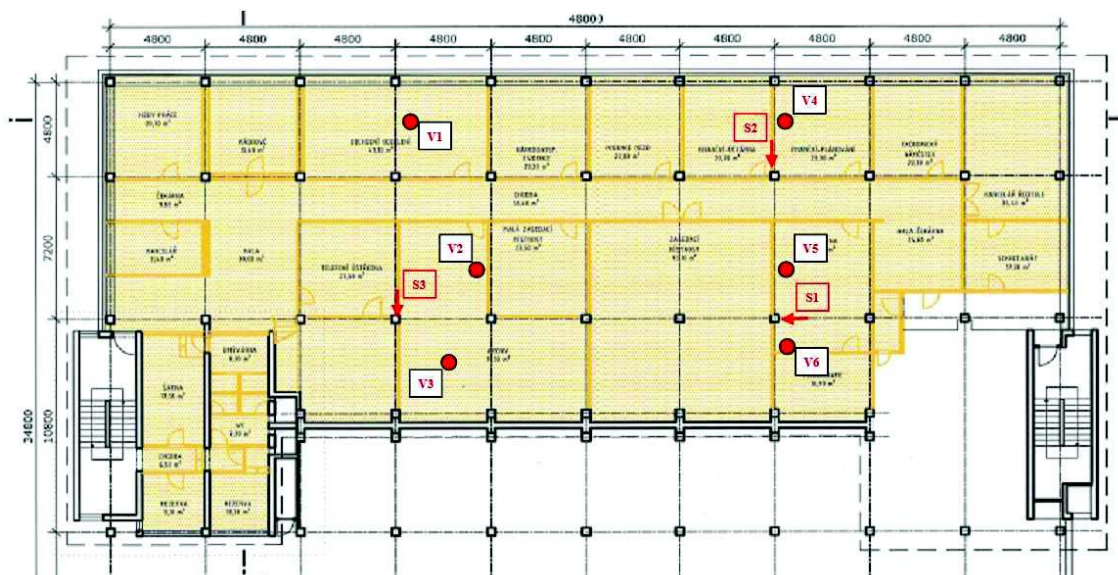
5.4.3 Situace diagnostické oblasti

a) Diagnostické oblasti ve 2. NP V1 až V6, odběrová místa S1, S2, S3

Schématické zakreslení lokalizace poloh **diagnostických oblastí V1 až V6**. V těchto oblastech byly realizovány jádrové vývrty do podlah a vodorovných nosných dílců, které byly vedeny z úrovně 2. NP. Vrtý v diagnostických oblastech V1 až V6 (označeny červenou konturou) byly vedeny svisle dolů z nášlapných vrstev podlahy. Vrtý byly realizovány za účelem ověření skladby podlah, tloušťek nosných dílců. Odebrané jádrové vývrty byly převezeny do laboratoří zhotovitele za účelem stanovení objemových hmotností a pevnostních parametrů zabudovaných materiálů.

V odběrových místech **S1 až S3** byly realizovány jádrové vývrty o průměrech 50 mm z bočních stěn sloupů nosného skeletu. Odebrané jádrové vývrty byly převezeny

Po řádném zaměření skladeb předmětné stropní konstrukce a odebrání vzorků jádrových vývrtů byly diagnostické oblasti odběrová místa řádně zapraveny.

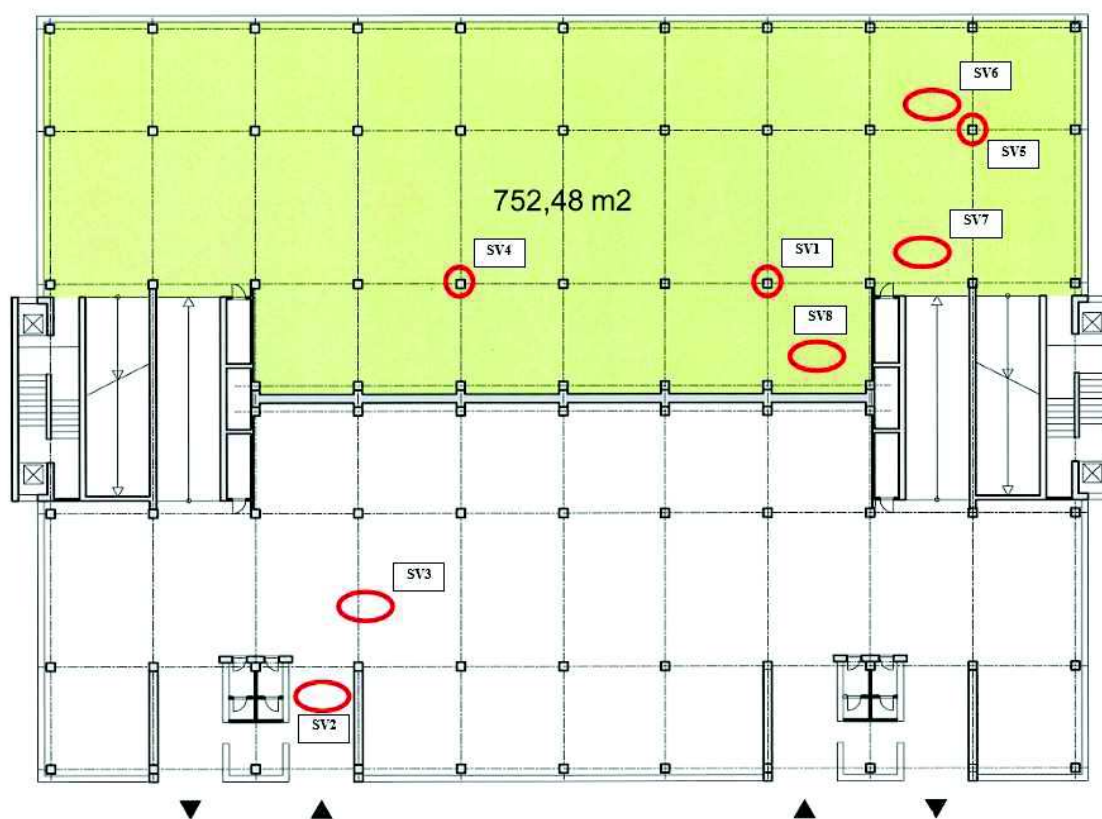


b) Diagnostické oblasti v 1. NP pro kontrolu vyztužení stropních dílců a sloupů

Z důvodů minimalizace narušení provozu v prostorech 1. NP (pneuservis a autodílna) byly semidestruktivní sondy realizovány v úrovni 2. NP (dolní líc stropní konstrukce 3. NP a sloup 2. NP). Po zaměření identifikované výztuže byly sondy řádně zapraveny. Identifikovaný způsob vyztužení byl porovnán s nálezem způsobu vyztužení stropních dílců a sloupů v předmětné části objektu (tedy stropní konstrukce nad 1. NP a navazující sloupy nosného skeletu v 1. NP, viz další text).

48

označeny SV4, SV5, SV6, SV7 a SV8. Sondy byly provedeny nedestruktivně ze spodního líce stropní kce nad 1. NP.



Obr. 47 Situace 1. NP, zakreslení diagnostických oblastí

5.5 Laboratorní zkoušky a jejich vyhodnocení

V laboratoři byly použity tyto přístroje:

- Sušící pec s regulací teploty 50 – 110 °C
- Posuvné digitální měřítko MAHR s citlivostí 0,01 mm
- Laboratorní váhy Sartorius 30kg s citlivostí 0,1g
- Laboratorní lis EDT 1600, ověřen střediskem kalibrační služby AKL 2230 pod kalibračním listem č. 3518-1-14

5.5.1 Struktura betonu

Beton jednotlivých konstrukčních prvků má obdobnou strukturu, která prokazuje, že se jedná o **dobové průmyslově vyráběné prefabrikáty**. Nosná konstrukce skeletu je

tedy realizována jako montovaný železobetonový prefabrikovaný skelet. Vizuálně defektoskopickou prohlídkou předmětných konstrukčních prvků nosného skeletu nebyly identifikovány žádné nálezy poruch a vad nosného systému (např. nadměrné průhyby, výraznější trhliny v dolním líci v liniích spár navazujících stropních dílců, atp.). **Nosný skelet objektu byl tedy v době vzniku realizován v řádně kvalitě a doposud je jeho mechanická odolnost vyhovující.**

Dále uváděné nálezy hodnotící kvalitu betonu zabudovaných konstrukčních prvků nosného skeletu a identifikovaný způsob vyztužení (plnostěnné stropní dílce, stropní dílce s obrubou a svislé nosné sloupy) prokazují, že stropní konstrukce i navazující svislé nosné konstrukce v předmětné části objektu (administrativa v části dispozic ve 2. NP) jsou realizovány ze stejných konstrukčních prvků jako v částech objektu užívaných pro garážová stání.

Stropní dílce

a) diagnostická oblast V1

Lokalizace odběrové oblasti V1 je zakreslena na Obr. 48. Do podlahy stropní konstrukce byl realizován jádrový vývrt o průměru 50 mm. Identifikovaná skladba souvrství materiálů podlahy je uvedena v Tab. 7.



Obr. 48 Diagnostická oblast V1

Z kompaktních částí dvou vývrtů **potěrového betonu zabudovaného ve skladbě podlah** byla vyrobena dvě válcová zkušební tělesa s označením V1_A, V1_B, na kterých byly provedeny laboratorní zkoušky objemových hmotností a pevností v tlaku. Potěrový podlahový beton kompaktních částí vývrtu má objemovou hmotnost v suchém stavu

2100-2130 kg/m³ a krychelnou pevnost v tlaku 19,3-15,5 N.mm⁻². Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti potěrového betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C12/15**.

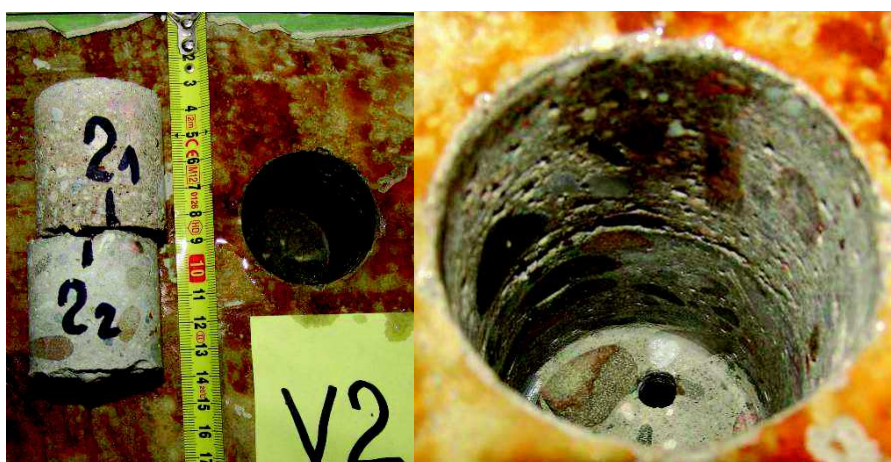
Z kompaktních částí dvou vývrtů **betonu plnostěnného stropního dílce (rozpon pole skeletu 4800 mm)** byla vyrobena dvě válcová zkušební tělesa s označením V1_A, V1_B, na kterých byly provedeny laboratorní zkoušky objemových hmotností a pevností v tlaku. Beton stropního dílce má objemovou hmotnost v suchém stavu 2240-2250 kg/m³ a krychelnou pevnost v tlaku 33,0-34,1 N.mm⁻². Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C25/30**.

Tab. 12 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V1

| Skladby podlah a tloušťky stropních dílců v diagnostické oblasti V1 | | | | | | | |
|--|-----------------|------------------------|---|--------|-----|----------------------------------|--|
| stropní konstrukce nad 1. NP, Vysokopodlažní garáže na ulici Herčíkova v Brně - Králově Poli | | | | | | | |
| odběrové místo | | identifikovaná skladba | | | | poznámka | |
| | | popis | tloušťka t [mm] | | | | |
| | | | jednotlivá | celkem | | | |
| V1 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 82 | 212 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) |
| | | 2 | betonový potěr | 80 | | | |
| | tloušťka NK | 5 | plnostěnný stropní panel (rozpon 4800 mm) | 130 | 120 | celková tloušťka stropního dílce | |

b) diagnostická oblast V2

Lokalizace odběrové oblasti V2 je zakreslena na Obr. 49. Do podlahy stropní konstrukce byl realizován jádrový vývrt o průměru 50 mm. Identifikovaná skladba souvrství materiálů podlahy je uvedena v Tab. 8.



Obr. 49 Diagnostická oblast V2

Z kompaktní části jednoho vývrtů **potěrového betonu zabudovaného ve skladbě podlah** bylo vyrobeno jedno válcové zkušební těleso s označením V2, na kterém byly provedeny laboratorní zkoušky objemové hmotností a pevností v tlaku. Potěrový podlahový beton kompaktní částí vývrtu má objemovou hmotnost v suchém stavu 2110 kg/m³ a krychelnou pevnost v tlaku 20,5 N.mm⁻². Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti potěrového betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C12/15**.

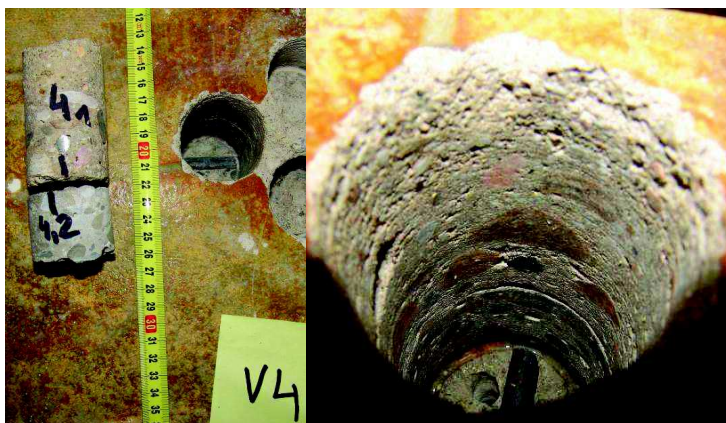
Z kompaktní částí jednoho vývrtů **betonu stropního dílce s obrubou (rozpon pole skeletu 7200 mm, vrt veden v místě desky mezi obrubami)** bylo vyrobeno jedno válcové zkušební těleso s označením V2, na kterém byly provedeny laboratorní zkoušky objemové hmotností a pevností v tlaku. Beton stropního dílce má objemovou hmotnost v suchém stavu 2230 kg/m³ a krychelnou pevnost v tlaku 36,3 N.mm⁻². Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C25/30**.

Tab. 8 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V2

| Skladby podlah a tloušťky stropních dílců v diagnostické oblasti V2 | | | | | | | |
|--|-----------------|------------------------|--|--------|-----|----------|--|
| stropní konstrukce nad 1. NP, Vysokopodlažní garáže na ulici Herčíkova v Brně - Králově Poli | | | | | | | |
| odběrové místo | | identifikovaná skladba | | | | poznámka | |
| | | popis | tloušťka t [mm] | | | | |
| | | | jednotlivá | celkem | | | |
| V2 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 62 | 122 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) celková tloušťka desky dílce mezi obrubami |
| | | 2 | betonový potěr | 60 | | | |
| | tloušťka NK | 5 | stropní panel s obrubou (rozpon 7200 mm) | 60 | 120 | | |

c) diagnostická oblast V3

Lokalizace odběrové oblasti V3 je zakreslena na Obr. 50. Do podlahy stropní konstrukce byl realizován jádrový vývrt o průměru 50 mm. Identifikovaná skladba souvrství materiálů podlahy je uvedena v Tab. 9.



Obr. 50 Diagnostická oblast V3

Z kompaktní částí jednoho vývrtů **potěrového betonu zabudovaného ve skladbě podlah** bylo vyrobeno jedno válcové zkušební těleso s označením V3, na kterém byly provedeny laboratorní zkoušky objemové hmotností a pevností v tlaku.. Potěrový podlahový beton kompaktních částí vývrtu má objemovou hmotnost v suchém stavu 2180 kg/m^3 a krychelnou pevnost v tlaku $19,0 \text{ N.mm}^{-2}$. Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti potěrového betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C12/15**.

Z kompaktní částí jednoho vývrtů **betonu plnostěnného stropního dílce (rozpon pole skeletu 4800 mm)** byla vyrobena dvě válcová zkušební tělesa s označením V3_1, V3_2, na kterých byly provedeny laboratorní zkoušky objemových hmotností a pevností v tlaku. Beton stropního dílce má objemovou hmotnost v suchém stavu $2240\text{-}2250 \text{ kg/m}^3$ a krychelnou pevnost v tlaku $34,0\text{-}34,4 \text{ N.mm}^{-2}$. Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C25/30**.

Tab. 13 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V3

| Skladby podlah a tloušťky stropních dílců v diagnostické oblasti V3 | | | | | | | |
|--|-----------------|------------------------|---|--------|-----|----------------------------------|---|
| stropní konstrukce nad 1. NP, Vysokopodlažní garáže na ulici Herčíkova v Brně - Králově Poli | | | | | | | |
| odběrové místo | | identifikovaná skladba | | | | | poznámka |
| | | popis | tloušťka t [mm] | | | | |
| | | | jednotlivá | celkem | | | |
| V3 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 82 | 212 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu |
| | | 2 | betonový potěr | 80 | | | soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) |
| | tloušťka NK | 5 | plnostěnný stropní panel (rozpon 4800 mm) | 130 | 130 | celková tloušťka stropního dílce | |

d) diagnostická oblast V4

Lokalizace odběrové oblastí V4 je zakreslena na Obr. 51. Do podlahy stropní konstrukce byl realizován jádrový vývrt o průměru 50 mm. Identifikovaná skladba souvrství materiálů podlahy je uvedena v Tab. 10.



Obr. 51 Diagnostická oblast V4

Z kompaktní části jednoho vývrtů **potěrového betonu zabudovaného ve skladbě podlah** bylo vyrobeno jedno válcové zkušební těleso s označením V4, na kterém byly provedeny laboratorní zkoušky objemové hmotností a pevností v tlaku. Potěrový podlahový beton kompaktních částí vývrtu má objemovou hmotnost v suchém stavu 2140 kg/m^3 a krychelnou pevnost v tlaku $19,8 \text{ N.mm}^{-2}$. Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti potěrového betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C12/15**.

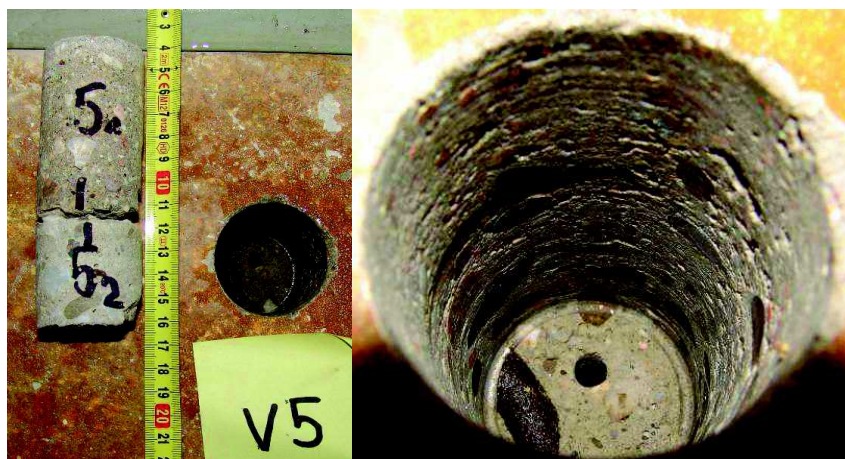
Z kompaktní části jednoho vývrtů **betonu plnostěnného stropního dílce (rozpon pole skeletu 4800 mm)** bylo vyrobeno jedno válcové zkušební těleso s označením V4, na kterém byly provedeny laboratorní zkoušky objemové hmotností a pevností v tlaku.. Beton stropního dílce má objemovou hmotnost 2230 kg/m^3 a krychelnou pevnost v tlaku $32,4 \text{ N.mm}^{-2}$. Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C25/30**.

Tab. 10 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V4

| Skladby podlah a tloušťky stropních dílců v diagnostické oblasti V4 | | | | | | | |
|--|-----------------|------------------------|---|--------|-----|-----|---|
| stropní konstrukce nad 1. NP, Vysokopodlažní garáže na ulici Herčíkova v Brně - Králově Poli | | | | | | | |
| odběrové místo | | identifikovaná skladba | | | | | poznámka |
| | | popis | tloušťka t [mm] | | | | |
| | | | jednotlivá | celkem | | | |
| V4 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 82 | 212 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu |
| | | 2 | betonový potěr | 80 | | | soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) |
| | tloušťka NK | 5 | plnostěnný stropní panel (rozpon 4800 mm) | 130 | 130 | | celková tloušťka stropního dílce |

e) diagnostická oblast V5

Lokalizace odběrové oblasti V5 je zakreslena na Obr. 52. Do podlahy stropní konstrukce byl realizován jádrový vývrt o průměru 50 mm. Identifikovaná skladba souvrství materiálů podlahy je uvedena v Tab. 11.



Obr. 52 Diagnostická oblast V5

Z kompaktní částí jednoho vývrtů **potěrového betonu zabudovaného ve skladbě podlah** bylo vyrobeno jedno válcové zkušební těleso s označením V5, na kterém byly provedeny laboratorní zkoušky objemové hmotností a pevností v tlaku. Potěrový podlahový beton kompaktní částí vývrtu má objemovou hmotnost v suchém stavu 2160 kg/m³ a krychelnou pevnost v tlaku 22,3 N.mm⁻². Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti potěrového betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C12/15**.

Z kompaktní částí jednoho vývrtů **betonu stropního dílce s obrubou (rozpon pole skeletu 7200 mm, vrt veden v místě desky mezi obrubami)** bylo vyrobeno jedno válcové zkušební těleso s označením V5, na kterém byly provedeny laboratorní zkoušky

objemové hmotností a pevností v tlaku. Beton stropního dílce má objemovou hmotnost v suchém stavu 2240 kg/m^3 a krychelnou pevnost v tlaku $32,2 \text{ N.mm}^{-2}$. Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C25/30**.

Tab. 11 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V5

| Skladby podlah a tloušťky stropních dílců v diagnostické oblasti V5 | | | | | | | |
|--|-----------------|------------------------|--|--------|----|-----|---|
| stropní konstrukce nad 1. NP, Vysokopodlažní garáže na ulici Herčíkova v Brně - Králově Poli | | | | | | | |
| odběrové místo | | identifikovaná skladba | | | | | poznámka |
| | | popis | tloušťka t [mm] | | | | |
| | | | jednotlivá | celkem | | | |
| V5 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 82 | 142 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu |
| | | 2 | betonový potěr | 80 | | | soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) |
| | tloušťka NK | 5 | stropní panel s obrubou (rozpon 7200 mm) | 60 | 60 | | celková tloušťka desky dílce mezi obrubami |

f) diagnostická oblast V6

Lokalizace odběrové oblastí V6 je zakreslena na Obr. 53. Do podlahy stropní konstrukce byl realizován jádrový vývrt o průměru 50 mm. Identifikovaná skladba souvrství materiálů podlahy je uvedena v Tab. 12.



Obr. 53 Diagnostická oblast V6

Z kompaktních částí dvou vývrtů **potěrového betonu zabudovaného ve skladbě podlah** byla vyrobena dvě válcová zkušební tělesa s označením V6_A, V6_B, na kterých byly provedeny laboratorní zkoušky objemových hmotností a pevností v tlaku. Potěrový podlahový beton kompaktních částí vývrtu má objemovou hmotnost v suchém stavu 2170 kg/m^3 a krychelnou pevnost v tlaku $22,1\text{-}24,1 \text{ N.mm}^{-2}$. Při statistickém hodnocení

charakteristické pevnosti potěrového betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C12/15**.

Z kompaktních částí dvou vývrtů **betonu plnostěnného stropního dílce (rozpon pole skeletu 4800 mm)** byla vyrobena dvě válcová zkušební tělesa s označením V6_A, V6_B, na kterých byly provedeny laboratorní zkoušky objemových hmotností a pevností v tlaku. Beton stropního dílce má objemovou hmotnost v suchém stavu 2250 kg/m³ a krychelnou pevnost v tlaku 35,7-37,7 N.mm⁻². Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti betonu v tlaku odpovídá pevnostní **třídě betonu C25/30**.

Tab. 12 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V6

| Skladby podlah a tloušťky stropních dílců v diagnostické oblasti V6 | | | | | | | |
|--|-----------------|------------------------|---|--------|-----|-----|---|
| stropní konstrukce nad 1. NP, Vysokopodlažní garáže na ulici Herčíkova v Brně - Králově Poli | | | | | | | |
| odběrové místo | | identifikovaná skladba | | | | | poznámka |
| | | popis | tloušťka t [mm] | | | | |
| | | | jednotlivá | celkem | | | |
| V6 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 77 | 207 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu |
| | | 2 | betonový potěr | 75 | | | soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) |
| | tloušťka NK | 5 | plnostěnný stropní panel (rozpon 4800 mm) | 130 | 130 | | celková tloušťka stropního dílce |

Tab. 14 Celková skladba stropní konstrukce a podlah

| Skladby podlah a tloušťky stropních dílců v diagnostických oblastech V1, V2, V3, V4, V5, V6 stropní konstrukce nad 1. NP, Vysokopodlažní garáže na ulici Herčíkova v Brně - Králově Poli | | | | | | | | |
|---|----|------------------------|-----------------|---|-----|----|----------|---|
| odběrové místo | | identifikovaná skladba | | | | | poznámka | |
| | | popis | tloušťka t [mm] | | | | | |
| | | | jednotlivá | celkem | | | | |
| plnostěnné stropní dílce (rozpon 4800 mm) | V1 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 82 | 212 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu |
| | | | 2 | betonový potěr | 80 | | | soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) |
| | | tloušťka NK | 5 | plnostěnný stropní panel (rozpon 4800 mm) | 130 | | | 120 |
| | V3 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 82 | 212 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu |
| | | | 2 | betonový potěr | 80 | | | soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) |
| | | tloušťka NK | 5 | plnostěnný stropní panel (rozpon 4800 mm) | 130 | | | 130 |
| | V4 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 82 | 212 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu |
| | | | 2 | betonový potěr | 80 | | | soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) |
| | | tloušťka NK | 5 | plnostěnný stropní panel (rozpon 4800 mm) | 130 | | | 130 |
| | V6 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 77 | 207 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu |
| | | | 2 | betonový potěr | 75 | | | soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) |
| | | tloušťka NK | 5 | plnostěnný stropní panel (rozpon 4800 mm) | 130 | | | 130 |
| stropní dílce s obrubou (rozpon 7200 mm) | V2 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 62 | 122 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu |
| | | | 2 | betonový potěr | 60 | | | soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) |
| | | tloušťka NK | 5 | stropní panel s obrubou (rozpon 7200 mm) | 60 | | | 120 |
| | V5 | skladba podlahy | 1 | lino+lepidlo | 2 | 82 | 142 | vyhovující přídržnost lina k potěrové vrstvě betonu |
| | | | 2 | betonový potěr | 80 | | | soudržná potěrová vrstva (bez horizontálních pracovních spár) |
| | | tloušťka NK | 5 | stropní panel s obrubou (rozpon 7200 mm) | 60 | | | 60 |

Sloupy

a) beton

Struktura betonů odebraných jádrových vývrtů sloupů v odběrových místech S1 až S3. Lokalizace poloh odběrových míst je zakreslena na Obr. 47. Z odebraných jádrových vývrtů betonu sloupů bylo vyrobeno celkem sedm válcových zkušebních těles, na kterých byly provedeny laboratorní zkoušky objemových hmotností a pevností v tlaku. Beton vývrtů sloupů dosahuje objemových hmotností v suchém stavu v intervalu 2260-2290 kg/m³ (průměrná hodnota ze sedmi vzorků 54,0 N.mm⁻²). Při statistickém hodnocení charakteristické pevnosti betonu v tlaku hodnoceného souboru dat z betonu sloupů byla stanovena hodnota 52,3 N.mm⁻², která odpovídá pevnostní **třídě betonu C40/50**. Variační součinitel hodnoceného souboru 1,8 % vyhovuje z hlediska stejnorodosti (rovnoměrnosti) betonu.

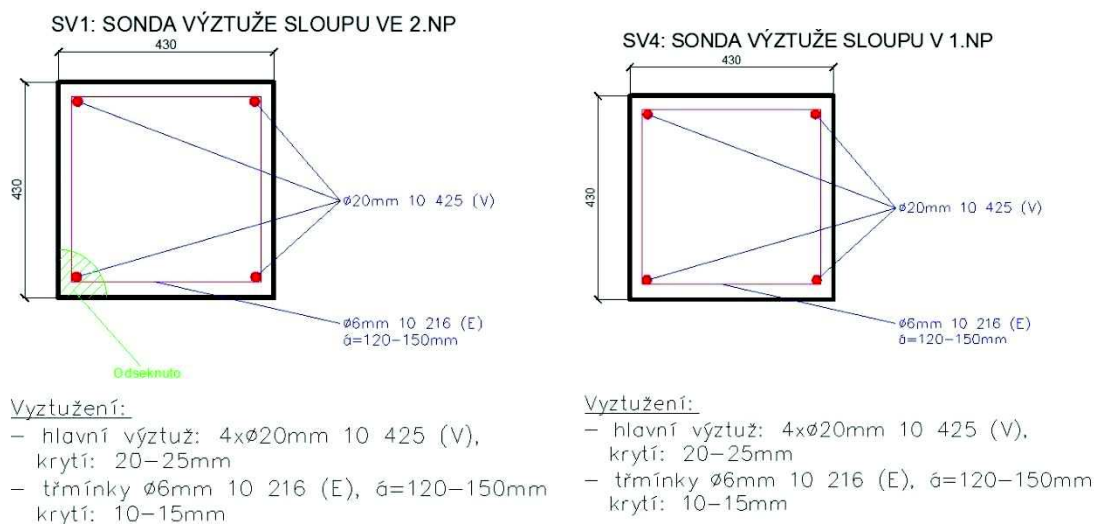


Obr. 54 Struktura betonu jádrových vývrtů ze sloupů

b) výztuž

Nosný sloup skeletu ve 2.NP

Lokalizace polohy diagnostické sondy SV1 je na Obr. 47. Po předchozí elektromagnetické kontrole polohy a počtu prutů byla odstraněna krycí vrstva betonu za účelem ověření průměrů a druhů betonářské výztuže. Sloup je vyztužen 4 ø20mm 10 425 (V), třmínky ø6mm 10 216 (E) á=120-150mm. Schématické zakreslení identifikovaného způsobu vyztužení sloupů je na Obr. 55.



Obr. 55 Schéma vyztužení sloupů

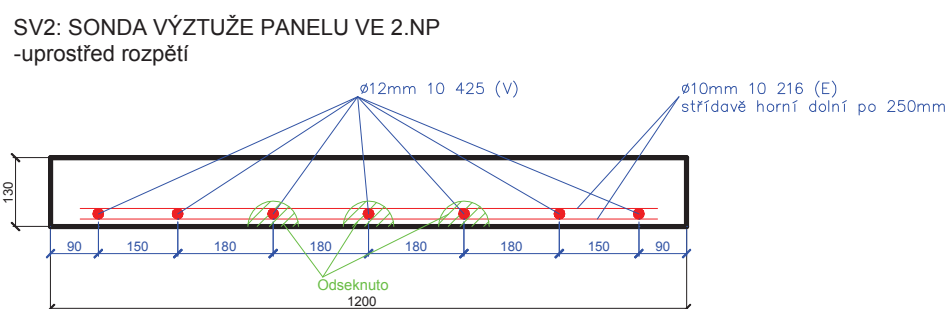
Stropní dílec

Lokalizace polohy **diagnostické sondy SV2** je na Obr. 47. Po předchozí elektromagnetické kontrole polohy a počtu prutů byla odstraněna krycí vrstva betonu za účelem ověření průměrů a druhů betonářské výztuže.

Plnostěnný stropní dílec je vyztužen:

- hlavní výztuž 7xø12mm 10425 (V)
- rozdělovací výztuž ø10mm 10 216 (E) $a=250$ mm.

Schématické zakreslení identifikovaného způsobu vyztužení plnostěnných stropních dílců je na Obr. 56.



- Vyztužení:
- hlavní výztuž: 7xø12mm 10 425 (V), krytí: 14mm
 - rozdělovací výztuž: ø10mm 10 216 (E), $a=250$ mm krytí: 7–10 mm (dolní) a 28–32mm (horní)

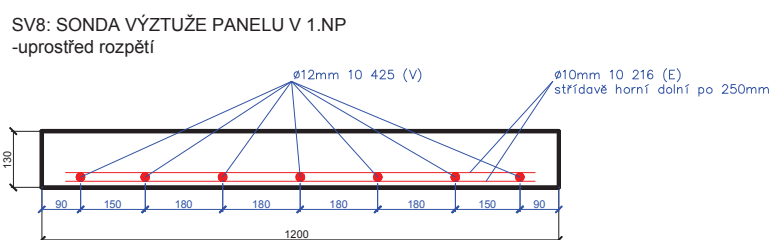
Obr. 56 Schéma vyztužení stropního dílce ve 2.NP

Lokalizace polohy **diagnostické sondy SV3** je na Obr. 47. Po předchozí elektromagnetické kontrole polohy a počtu prutů byla odstraněna krycí vrstva betonu za účelem ověření průměrů a druhů betonářské výztuže.

Stropní dílec s obrubou je vyztužen:

- žebro: 3x \varnothing 18mm 10 425 (V); třmínky \varnothing 6mm \acute{a} =140-170mm;
- deska: podélná výztuž \varnothing 6mm 10 216 (E) \acute{a} =150-200mm, příčná výztuž \varnothing 6mm 10 216 (E) \acute{a} =150mm.

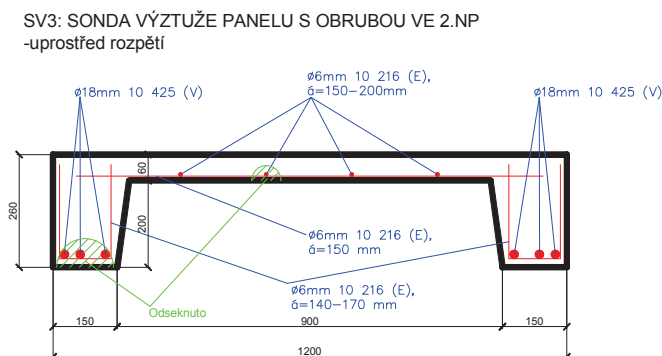
Schématické zakreslení identifikovaného způsobu vyztužení plnostěnných stropních dílců je na Obr. 57.



Vyztužení:

- hlavní výztuž: 7x \varnothing 12mm 10 425 (V),
krytí: 14mm
- rozdělovací výztuž: \varnothing 10mm 10 216 (E), \acute{a} =250 mm
krytí: 7–10 mm (dolní) a 28–32mm (horní)

Obr. 57 Schéma vyztužení stropního dílce v 1.NP



Vyztužení:

- hlavní výztuž žeber: 2x(3x \varnothing 18mm 10 425 (V))
krytí: 30–35mm
třmínky: \varnothing 6mm 10 216 (E), \acute{a} =140–170mm
krytí: 25–30 mm
- výztuž desky:
příčná: \varnothing 6mm 10 216 (E), \acute{a} =150mm
krytí: 10mm
podélná: \varnothing 6mm 10 216 (E), \acute{a} =150–200mm
krytí: 18mm

Obr. 58 Schéma vyztužení stropního dílce s obrubou ve 2. NP

5.5.2 Objemové hmotnosti zatvrdlého betonu

Na odebraných vývrtech jsou v suchém stavu zjištěné měření a vážením těles pravidelných tvarů (zkušebních válců) jsou souhrnně uvedeny v Tab. 14.

Tab. 14 Souhrnná tabulka objemových hmotností posuzovaných betonů

| hodnocený beton | Krychelná pevnost $f_{c,cube}$ [N.mm ⁻²] | | | |
|---|--|------|--------|--------------|
| | Interval hodnot | | Průměr | Počet vzorků |
| | Min. | Max. | | |
| SLOUPY (vývrty S1, S2, S3) | 52,8 | 55,4 | 54,0 | 7 |
| STROPNÍ DESKY (vývrty V1 až V6) | 32,2 | 37,7 | 34,4 | 9 |
| Potěrový beton (zabudovaný ve skladbě podlah) | 19,0 | 24,1 | 20,8 | 8 |

5.5.3 Krychelná pevnost zatvrdlého betonu v tlaku

Krychelná pevnost zatvrdlého betonu v tlaku f_c jádrových vývrtů byla stanovena ve smyslu ČSN EN 13791 čl. 7.1 [22] na válcových tělesech se štíhlostním poměrem o hodnotě 1,0 (poměr výšky válce ku průměru).

Tab. 15 Souhrnná tabulka krychelných pevností posuzovaných betonů

| hodnocený konstrukční celek | Objemová hmotnost ρ [kgm ⁻³] | | | |
|---|---|------|--------|--------------|
| | Interval hodnot | | Průměr | Počet vzorků |
| | Min. | Max. | | |
| SLOUPY (vývrty S1, S2, S3) | 2260 | 2290 | 2270 | 7 |
| STROPNÍ DESKY (vývrty V1 až V6) | 2230 | 2250 | 2240 | 9 |
| Potěrový beton (zabudovaný ve skladbě podlah) | 2100 | 2180 | 2150 | 8 |

Souhrnné hodnocení laboratorních zkoušek je v Tab. 16.

Tab. 16 Souhrnné hodnocení laboratorních zkoušek

| | | | Pevnost betonu v tlaku - ČSN EN 12504-1 kontrolní zkoušky betonu na odebraných jádrových vývrtech | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------------------------|--|-------------------------------|--------------|------|----------|--------------|--------|--------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|------|--|
| poř. číslo | | konstrukční celek | označení odběrové oblasti (odebraného jádrového vývrtu) | označení zkušební h vzorků | rozměry [mm] | | štířlost | hmotnost [g] | F [kN] | objem. hm [kgm ⁻³] | | f _c [N/mm ²] | | | |
| | | | | | d | l | λ | | | jedn. | prům. | jedn. | prům. | | |
| 1 | 1 | SLOUPY | S1 (2. NP) | S1_1 | 44,7 | 45,5 | 1,0 | 162,6 | 86,9 | 2280 | 2270 | | 55,4 | 54,0 | |
| | 2 | | | S1_2 | 44,7 | 45,2 | 1,0 | 160,1 | 85,4 | 2260 | | | 54,5 | | |
| | 3 | | | S1_3 | 44,7 | 45,2 | 1,0 | 161,2 | 86,0 | 2280 | | | 54,9 | | |
| 2 | 4 | | S2 (1.NP) | S2_1 | 44,8 | 44,1 | 1,0 | 159,2 | 83,4 | 2290 | | | 53,0 | | |
| | 5 | | | S2_2 | 44,7 | 44,3 | 1,0 | 157,3 | 83,4 | 2260 | | | 53,1 | | |
| 3 | 6 | | S3 (1. NP) | S3_1 | 44,7 | 45,1 | 1,0 | 159,6 | 84,8 | 2260 | | | 54,2 | | |
| | 7 | | | S3_2 | 44,9 | 44,6 | 1,0 | 160,2 | 83,4 | 2270 | | | 52,8 | | |
| 1 | 1 | DESKY | V1 (plnostěnný dílec) | V1_A | 44,5 | 44,5 | 1,0 | 155,7 | 51,4 | 2250 | 2240 | | 33,0 | 34,4 | |
| | 2 | | | V1_B | 44,5 | 45,2 | 1,0 | 157,8 | 53,2 | 2240 | | | 34,1 | | |
| 2 | 3 | | V2 (dílec s obrubou) | V2 | 44,5 | 44,2 | 1,0 | 153,4 | 56,5 | 2230 | | | 36,3 | | |
| 3 | 4 | | V3 (plnostěnný dílec) | V3_1 | 45,5 | 45,3 | 1,0 | 165,5 | 55,9 | 2250 | | | 34,4 | | |
| | 5 | | | V3_2 | 44,4 | 45,1 | 1,0 | 156,6 | 52,5 | 2240 | | | 34,0 | | |
| 4 | 6 | | V4 (plnostěnný dílec) | V4 | 44,4 | 44,3 | 1,0 | 153,1 | 50,2 | 2230 | | | 32,4 | | |
| 5 | 7 | | V5 (dílec s obrubou) | V5 | 44,4 | 44,3 | 1,0 | 153,7 | 49,8 | 2240 | | | 32,2 | | |
| 6 | 8 | | V6 (plnostěnný dílec) | V6_A | 44,3 | 44,2 | 1,0 | 153,4 | 55,1 | 2250 | | | 35,7 | | |
| | 9 | | | V6_B | 44,6 | 45,2 | 1,0 | 158,3 | 58,8 | 2250 | | | 37,7 | | |
| 1 | 1 | POTĚR (vrstva podlahy) | V1 | V1_A | 44,4 | 45,4 | 1,0 | 147,2 | 29,8 | 2100 | 2150 | | 19,3 | 20,8 | |
| | 2 | | | V1_B | 44,4 | 45,0 | 1,0 | 148,4 | 30,2 | 2130 | | | 19,5 | | |
| 2 | 3 | | V2 | 44,4 | 44,9 | 1,0 | 146,0 | 31,9 | 2110 | | | 20,6 | | | |
| 3 | 4 | | V3 | 44,3 | 44,4 | 1,0 | 149,6 | 29,3 | 2180 | | | 19,0 | | | |
| 4 | 5 | | V4 | 44,5 | 43,5 | 1,0 | 145,1 | 30,9 | 2140 | | | 19,8 | | | |
| 5 | 6 | | V5 | 44,4 | 44,4 | 1,0 | 148,8 | 34,6 | 2160 | | | 22,3 | | | |
| 6 | 7 | | V6 | V6_A | 44,4 | 45,1 | 1,0 | 151,4 | 37,2 | 2170 | | | 24,1 | | |
| | 8 | | | V6_B | 44,2 | 45,1 | 1,0 | 150,3 | 33,9 | 2170 | | | 22,1 | | |
| Poznámka k Tab. 1: | | | | | | | | | | průměr: | | 2220 | | 35,6 | |
| Dle č. 7.2 ČSN EN 12504-1 při poměru délky vývrtu k průměru 1,0 | | | | | | | | | | sm. odch. | | 60 | | 13,2 | |
| se výsledná pevnost porovnává s krychelnou pevností betonu v tlaku. | | | | | | | | | | min.: | | 2100 | | 19,0 | |
| | | | | | | | | | | max: | | 2290 | | 55,4 | |

5.5.4 Statistické hodnocení pevnostních parametrů zatvrdlého betonu

Z odebraných jádrových vývrtů bylo provedeno vyhodnocením charakteristické pevnosti betonu v tlaku $f_{ck,cube}$ [MPa] podle metodiky ČSN ISO 13822, článek NA. 2.6 [1]. Součinitel odhadu 5% kvantilu byl převzat z tabulky NA.2 citované normy.

V následující Tab. 17 jsou uvedeny souhrnné výsledky. Tabelární zpracování celkového hodnocení je uvedeno v Tab. 18.

Tab. 17 Souhrnná tabulka statistického hodnocení posuzovaných betonů

| hodnocený beton | $f_{ck, cube}$ [MPa] | Pevnostní třídy (značky) | | |
|---|-------------------------|--------------------------|---------------|---------------|
| | | ČSN 736206 | ČSN 731205 | ČSN EN 206 |
| SLOUPY (vývrty S1, S2, S3) | 52,3 | 500 | B50 | C40/50 |
| STROPNÍ DESKY (vývrty V1 až V6) | 31,4 | 330 | B30 | C25/30 |
| Potěrový beton (zabudovaný ve skladbě podlah) | 17,9 | 170 | B15 | C12/15 |

Tab. 18 Statistické hodnocení zkoušek jádrových vývrtů

| Statistické hodnocení zkoušek - ČSN ISO 13822, čl. NA.2.6, NC.2 beton odebraných jádrových vývrtů | | | | |
|--|----------|------------------------------------|--|--|
| Veličina | Jednotka | Hodnocený celek | | |
| | | SLOUPY vývrty S1, S2, S3 | DESKY (Stropní prefabrikáty) vývrty V1, V2, V3, V4, V5, V6 | POTĚR (Vrstva podlahy) vývrty V1, V2, V3, V4, V5, V6 |
| Střední hodnota $f_{c, cube}$ | [MPa] | 54,0 | 34,4 | 20,8 |
| Směrodatná odchylka s_x | [MPa] | 1,0 | 1,7 | 1,7 |
| počet vzorků n | - | 7 | 9 | 8 |
| Souč. odhadu 5% kvantilu k_n | - | 1,76 | 1,73 | 1,74 |
| Variační součinitel V_x (v) | [%] | 1,8 | 5,1 | 8,1 |
| v_{max} dle ČSN 73 2011 | [%] | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| Hodnocení stejnorodosti dle ČSN 73 2011 | | stejnorodý! (1,8<16,0) | stejnorodý! (5,1<16,0) | stejnorodý! (8,1<16,0) |
| Char. pevnost betonu v tlaku $f_{ck, cube}$ | [MPa] | 52,3 | 31,4 | 17,9 |
| Třída betonu ČSN EN 206-1 | | C40/50 | C25/30 | C12/15 |
| Třída betonu ČSN 73 1201, 1986 | | B50 | B30 | B15 |
| Značka betonu ČSN 73 6206, 1971 | | 500 | 330 | 170 |

Poznámky k Tab. 2:

Char. pevnost betonu v tlaku $f_{ck, cube}$, čl. NA.2.6 ČSN ISO 13822

Třídy a značky betonu - Tabulka NC.1, čl. NC.2 ČSN ISO 13822

Výsledky a vyhodnocení jednotlivých zkoušek - Tab. 1

6. ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce bylo stanovení základních materiálových vlastností železobetonu nutné pro statické posouzení stropní konstrukce vysokopodlažních garáží. Vlastnosti betonu byly stanoveny na základě odebraných vzorků jádrových vývrtů. Celkem bylo odebráno 8 vývrtů ze stropní konstrukce, 8 vývrtů z konstrukce podlahy a 3 vývrtů ze sloupů železobetonového skeletu z důvodu provozu autodílny a pneuservisu v 1.NP. Z vývrtů byla vytvořena zkušební tělesa, ze stropní konstrukce 9 válcových těles, z konstrukce podlahy 8 válcových těles a ze sloupů 8 zkušebních těles, celkem 25 zkušebních těles. Na zkušebních tělesech pak byly následně provedeny laboratorní zkoušky.

Stropní konstrukce se skládá z betonu C20/25. Zjištěny byly dva druhy stropních dílců, jeden s obrubou (žebry) a druhý bez obruby. *Panel s obrubou* se skládá: nosná výztuž žebra 3Ø18 mm 10 425 (V), krytí 30 – 35 mm, třmínky Ø6 mm 10 216 (E) ve vzdálenosti 140 – 170 mm, krytí 10 mm. Deska je vyztužena v příčném směru Ø6 10 216 (E) se vzdáleností vložek 150 mm, krytí výztuže 10 mm. V podélném směru je deska vyztužena Ø6 10 216 (E), vzdálenost vložek 150 – 200 mm, krytí výztuže 18mm. *Deska bez obruby* se skládá: nosná výztuž 7Ø12 10 425 (V), krytí 14 mm; rozdělovací výztuž Ø10 10 216 (E), její krytí u spodního povrchu je 7 – 10 mm, u horního povrchu 28 – 32 mm. **Sloupy** železobetonového skeletu jsou z betonu C40/50 a vyztuženy nosnou výztuží 4Ø20 10 425 (V), třmínky Ø6 10 216 (E), krytí 10 – 15 mm. **Podlaha** se skládá z potěrového betonu C12/15. Poloha výztuže byla určena nedestruktivní metodou pomocí Protometru PM – 630 a za účelem její identifikace byly provedeny sekané sondy v omezeném počtu z důvodu provozu autodílny a pneuservisu v 1.NP.

Tento diagnostický průzkum byl proveden na základě změny užívání administrativní části na parkovací stání. Podkladem byla jeho studie. Železobetonový skelet budovy je z prefabrikovaných dílců, které jsou z kvalitního betonu. Stavební práce jsou provedeny v dobré kvalitě, ačkoliv je budova postavena v akci Z. Dále je potřebné získané výsledky z průzkumu posoudit statickým výpočtem pro parkovací stání vozidel z hlediska intenzity zatížení dle platné normy, aby konstrukce vyhověla na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Výpočet je nutný z důvodu, aby mohla být administrativní část adaptována pro parkování vozidel a aby nedošlo ke vzniku poruch či kolapsu budovy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN ISO 13822 *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*
- [2] ČSN 73 0038 *Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplnující ustanovení.*
- [3] HÁJEK, Petr. *Pozemní stavitelství II: pro 2. ročník SPŠ stavebních.* 3., přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86817-22-4
- [4] *Funkce a rozdělení stropních konstrukcí* [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/funkce-a-rozdeleni-stropnich-konstrukci>
- [5] ČERVENKA, Petr. *Betonové konstrukce II pro 4. ročník SPŠ stavebních.* Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-56-5
- [6] *Stropní konstrukce* [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FAST/PS2/stropni-konstrukce.html>
- [7] *Třmínek* [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://forum.tzb-info.cz/128542-trminek>
- [8] PANÁČEK, Josef. *Prvky betonových konstrukcí – Dimenzování betonových prvků část 1.* Brno: Studijní opora VUT, 2005
- [9] DVOŘÁK, Jiří, Jiří SLABÝ a Zdeněk KVÍTEK. *Betonové konstrukce I: pro 3. ročník SPŠ stavebních.* 2., upr. vyd. Praha: Sobotáles, 1996. ISBN 80-85920-20-4.
- [10] *Ebeton - Encyklopedie betonu* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/encyklopedie/slozeni-betonu>
- [11] ČSN EN 206 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Praha: Český normalizační institut, 2014
- [12] HOBST, Leonard a kol. *Diagnostika stavebních konstrukcí – přednášky.* Brno: Studijní opora VUT, 2005.
- [13] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty.* 2. přeprac. a dopl. vyd. Bratislava: Jaga, 2007. ISBN 978-80-8076-057-1
- [14] *Betonářská výztuž* [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/www/drahomic/mostovna/Pomucky/Char_mat/Vyzt_CSN.pdf

- [15] ČÍRTEK, Ladislav. Prvky betonových konstrukcí - Navrhování jednotlivých prvků. Brno: Studijní opora VUT, 2005
- [16] *Sklobetonové stropy* [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2213>
- [17] *Keramické stropy* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://stavbaweb.dumabyt.cz/profideck-navrat-keramickych-strop-z-hodonina-8806/clanek.html>
- [18] ČSN EN 12504 – 1 *Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku*
- [19] ČSN 12390-3 *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*
- [20] ČSN 73 6172 *Odběr, měření a zkoušení vzorků z krytu cementobetonové vozovky*
- [21] *BI52 – Diagnostika stavebních konstrukcí. Ústav stavebního zkušebnictví.* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/2016/ESF_C2_N%C3%A1vod_v%C3%BDvrt.pdf
- [22] ČSN EN 13791 *Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích*
- [23] ANTON, Ondřej, Petr CIKRLE, Věra HEŘMÁNKOVÁ a Leonard HOBST. *Možnosti a omezení Georadaru Hilti PS 1000 GPR při stavebně technickém průzkumu..* Brno: VUT v Brně, FAST, Ústav stavebního zkušebnictví, 2011.
- [24] ŘEPA, Milan a Pavel CIBULKA. *Dějiny Králova Pole. 2., aktualiz. vyd.* Brno: Úřad městské části Brno - Královo Pole, 2014. ISBN 978-80-260-5435-1

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obr. 1 Skladba stropních konstrukcí..... | 12 |
| Obr. 2 Prostý nosník | 13 |
| Obr. 3 Vetknutý nosník..... | 13 |
| Obr. 4 Konzola..... | 13 |
| Obr. 5 Spojitý nosník | 14 |
| Obr. 6 Nosník s náběhem..... | 14 |
| Obr. 7 Spojitý nosník s konzolou a náběhem | 14 |
| Obr. 8 Uložení stropní konstrukce | 14 |
| Obr. 9 Křížem vyztužená deska | 16 |
| Obr. 10 Druhy třmínků | 17 |
| Obr. 11 Typy T průřezu | 18 |
| Obr. 12 Složení betonu | 20 |
| Obr. 13 Hlinitanový beton | 22 |
| Obr. 14 Výztuž ROXOR..... | 24 |
| Obr. 15 Výztuž ISTEK | 24 |
| Obr. 16 Žebírková výztuž..... | 24 |
| Obr. 17 Trámový strop..... | 25 |
| Obr. 18 Deskový strop | 26 |
| Obr. 19 Hřibový strop | 26 |
| Obr. 20 Zdvíhaný strop..... | 26 |
| Obr. 21 Bedničkový strop..... | 27 |
| Obr. 22 Sklo železobetonový strop..... | 27 |
| Obr. 23 Dutinový panel SPIROLL | 28 |
| Obr. 24 Strop ze železobetonových nosníků a vložek | 28 |
| Obr. 25 Strop MIAKO | 29 |
| Obr. 26 Filigránový strop..... | 29 |
| Obr. 27 Sekaná sonda sloupu..... | 30 |
| Obr. 28 Sekaná sonda stropu | 31 |
| Obr. 29 Jádrový vrtací stroj HILTI a diamantové jádrové vrtací korunky | 31 |
| Obr. 30 Označení jádrového vývrtu..... | 32 |
| Obr. 31 Nevyhovující porušení zkušebních těles | 33 |

| | |
|---|----|
| Obr. 32 Vyhovující porušení zkušební vzorku | 33 |
| Obr. 33 Profometer | 38 |
| Obr. 34 Nástroj pro aplikaci akustické trasovací metody | 39 |
| Obr. 35 Georadar Hilti PS 1000..... | 39 |
| Obr. 36 Práce v rámci akce Z na Mojžírově náměstí v 50. letech..... | 41 |
| Obr. 37 Kartuziánský klášter | 42 |
| Obr. 38 Kostel Nejsvětější Trojice | 42 |
| Obr. 39 Staré Královo Pole, domy v Dalimilově ulici před asanací v roce 1973 | 42 |
| Obr. 40 Pohled na sídliště Královo Pole I (vlevo) a Královo Pole II (vpravo) z ulice Purkyňova | 43 |
| Obr. 41 Vysokopodlažní garáže v ulici Herčíkova | 44 |
| Obr. 42 Odebrané vzorky ze stropní konstrukce a podlah..... | 46 |
| Obr. 43 Odebrané vzorky ze sloupů | 46 |
| Obr. 44 Sekaná sonda sloupu..... | 47 |
| Obr. 45 sekaná sonda stropního dílce | 47 |
| Obr. 46 Situace 2. NP, zakreslení diagnostických oblastí | 48 |
| Obr. 47 Situace 1. NP, zakreslení diagnostických oblastí | 49 |
| Obr. 48 Diagnostická oblast V1 | 50 |
| Obr. 49 Diagnostická oblast V2..... | 51 |
| Obr. 50 Diagnostická oblast V3..... | 53 |
| Obr. 51 Diagnostická oblast V4..... | 54 |
| Obr. 52 Diagnostická oblast V5..... | 55 |
| Obr. 53 Diagnostická oblast V6..... | 56 |
| Obr. 54 Struktura betonu jádrových vývrtů ze sloupů..... | 58 |
| Obr. 55 Schéma vyztužení sloupu | 59 |
| Obr. 56 Schéma vyztužení stropního dílce ve 2.NP | 59 |
| Obr. 57 Schéma vyztužení stropního dílce s obrubou ve 2. NP | 60 |
| Obr. 58 Schéma vyztužení stropního dílce v 1.NP | 60 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tab. 1 Pevnostní třídy obyčejného a těžkého betonu označeného písmenem C dle normy ČSN EN 206 | 21 |
| Tab. 2 Pevnostní třídy obyčejného a těžkého betonu označeného písmenem LC dle normy ČSN EN 206 | 21 |
| Tab. 3 Základní vlastnosti betonářské oceli..... | 23 |
| Tab. 4 Převodní součinitel při převodu pevnosti betonu zjištěné na válcích základních rozměrů na pevnost krychelnou [ČSN EN 12390-3, Z1] | 35 |
| Tab. 5 Součinitele $k_{n,x}$ pro stanovení 5% kvantilu (charakteristické hodnoty) | 35 |
| Tab. 6 Minimální charakteristická pevnost v tlaku v konstrukci dle ČSN en 13 791 | 37 |
| Tab. 7 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V1 | 51 |
| Tab. 8 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V2..... | 52 |
| Tab. 9 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V3..... | 53 |
| Tab. 10 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V4..... | 55 |
| Tab. 11 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V5..... | 56 |
| Tab. 12 Identifikovaná skladba podlahy a tloušťka plného stropního dílce v diagnostické oblasti V6..... | 57 |
| Tab. 13 Celková skladba stropní konstrukce a podlah 57 | 57 |
| Tab. 14 Souhrnná tabulka objemových hmotností posuzovaných betonů..... | 61 |
| Tab. 15 Souhrnná tabulka krychelných pevností posuzovaných betonů | 61 |
| Tab. 16 Souhrnné hodnocení laboratorních zkoušek..... | 62 |
| Tab. 17 Souhrnná tabulka statického hodnocení posuzovaných betonů | 63 |
| Tab. 18 Statistická hodnocení zkoušek jádrových vývrtů | 63 |

POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY

Některé zkratky a symboly byly již vysvětleny v teoretické části této práce.

h – výška

L_n – světlá výška

L – rozpětí pole

\varnothing – průměr

d – průměr

CEM I, CEM II, CEM III – označení druhu cementu

f_c – pevnost v tlaku

F – síla

A – plocha

$f_{c,cyl}$ – válcová pevnost v tlaku

$K_{c,cube}$ – opravný součinitel

$K_{c,cyl}$ – opravný součinitel

$f_{c,cube}$ – krychelná pevnost v betonu

NP – nadzemní podlaží

SV – diagnostická oblast podlahy

S – diagnostická oblast sloupu

V – diagnostická oblast stropní konstrukce

C – třída betonu

$f_{ck,cube}$ – charakteristická pevnost betonu v tlaku

$K_{cyl, cube}$ – součinitel pro přepočítání válcové pevnosti na krychelnou

k_n – součinitel pro stanovení 5% kvantilu

$f_{ck, is}$ – charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci

$f_{m(n), is}$ – průměrná pevnost betonu v tlaku stanovená na n počtu vývrtů

$f_{is, nejmenší}$ – nejmenší pevnost zjištěná na vývrtech